

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-200115

(43) 公開日 平成9年(1997)7月31日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	7/26		H 0 4 B 7/26	B
H 0 1 Q	3/00		H 0 1 Q 3/00	
H 0 4 B	1/76		H 0 4 B 1/76	
H 0 4 Q	7/34		H 0 4 Q 7/04	B

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平8-9592

(22) 出願日 平成8年(1996)1月23日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 行方 稔

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 向井 学

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 庄木 裕樹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

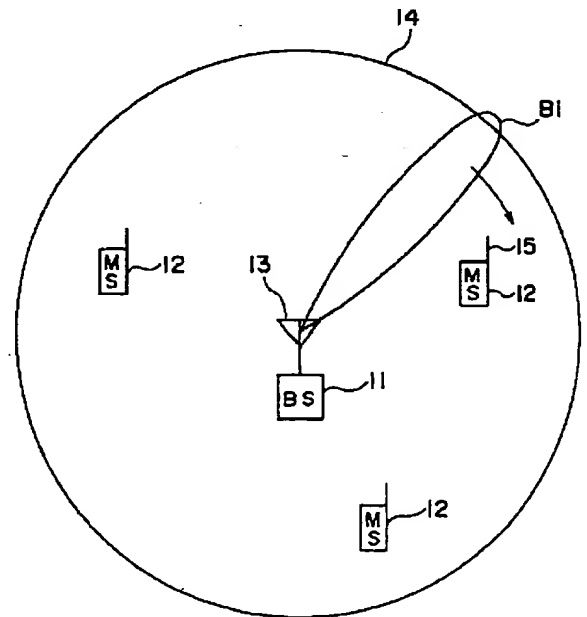
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法および可変指向性アンテナ

(57) 【要約】

【課題】 無線通信システムにおける基地局のアンテナ指向性を簡単な制御により所望の端末の方向を確実に向くように制御可能としたアンテナ指向性制御方法を提供する。

【解決手段】 可変指向性アンテナ13を有する無線基地局11と複数の無線端末12間で通信を行う無線通信システムにおいて、無線基地局11からその通信サービスエリア14内全方向にパイロット信号を送信し、無線端末12ではパイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを無線基地局11に送信し、無線基地局12では受信特性データに基づいて可変指向性アンテナ13の指向性を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変指向性アンテナを有する少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末間で通信を行う無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法において、

前記無線基地局から該無線基地局の通信サービスエリア内全方向にパイロット信号を送信し、

前記無線端末は、前記パイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを前記無線基地局に送信し、

前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項2】 可変指向性アンテナを有する少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末間で通信を行う無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法において、

前記無線基地局から該無線基地局の通信サービスエリア内全方向に時分割、周波数分割および符号分割の少なくとも一つの方法を用いてパイロット信号を送信し、

前記無線端末は、前記パイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを前記無線基地局に送信し、

前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項3】 可変指向性アンテナを有する少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末間で通信を行う無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法において、

前記無線基地局から該基地局の通信サービスエリア内全方向にタイミング信号を送信した後、狭指向性ビームによりパイロット信号を通信サービスエリア内の複数方向に順次送信し、

前記無線端末は、前記タイミング信号を測定時間基準として前記パイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを前記無線基地局に送信し、

前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項4】 可変指向性アンテナを有する少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末間で通信を行う無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法において、

前記無線基地局から該無線基地局の通信サービスエリア内全方向に前記無線通信システムの主無線通信回線とは別の無線通信回線でタイミング信号を送信した後、前記主無線通信回線でパイロット信号を送信し、

前記無線端末は、前記タイミング信号を測定時間基準と

して前記パイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを前記無線基地局に送信し、

前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項5】 可変指向性アンテナを有する少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末間で通信を行う無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法において、

前記無線基地局の通信サービスエリアを空間的に複数のサブエリアに分割して各サブエリアに順次定められたタイミングでパイロット信号を送信し、

前記無線端末は、前記パイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを前記無線基地局に送信し、

前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項6】 前記無線端末は、前記無線基地局からのパイロット信号送信方向と、パイロット信号の受信信号強度、受信位相および信号対雑音比の少なくとも一つとの関係を前記パイロット信号の受信特性として測定し、前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて最大受信電力が得られた方向に狭指向性ビームが形成されるように前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項7】 前記無線端末は、前記無線基地局からのパイロット信号送信方向と、パイロット信号の受信信号強度、受信位相および信号対雑音比の少なくとも一つとの関係を前記パイロット信号の受信特性として測定し、前記無線基地局は、前記受信特性データに基づいて受信電力が所定値以上大きいパイロット信号の送信方向が複数個存在する場合に、所望方向以外の全方向または一部の方向にヌルを有し、所望方向またはその近傍の方向にメインローブを有する指向性パターンが形成されるように前記可変指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項8】 前記無線基地局は、前記可変指向性アンテナに予め用意された複数の指向性パターンの中から前記受信特性データに基づいて最適な指向性パターンを選択することにより前記指向性アンテナの指向性を制御することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法。

【請求項9】 配列された複数のアンテナ素子と、

前記複数のアンテナ素子に対して励振ウェイトを付与する励振ウェイト付与手段と、  
前記励振ウェイト付与手段により付与されるべき励振ウェイトの情報を複数種類の指向性パターンに対応して記憶する記憶手段と、  
前記記憶手段から所望の指向性パターンに対応する励振ウェイトの情報を読み出して前記励振ウェイト付与手段に設定する励振ウェイト設定手段とを備えたことを特徴とする可変指向性アンテナ。

【請求項10】同一円周上に等間隔で配列された同一特性の複数のアンテナ素子と、  
前記複数のアンテナ素子に対してそれぞれ励振ウェイトを付与する励振ウェイト付与手段と、  
前記励振ウェイト付与手段により付与されるべき励振ウェイトの情報を記憶する記憶手段と、  
前記記憶手段から励振ウェイトの情報を読み出して前記励振ウェイト付与手段に設定する励振ウェイト設定手段とを備え、  
前記励振ウェイト設定手段は、前記記憶手段から読み出された励振ウェイトの情報を前記複数のアンテナ素子に対応する複数の前記励振ウェイト付与手段に対して位相をずらして設定可能に構成されていることを特徴とする可変指向性アンテナ。

【請求項11】前記励振ウェイト設定手段は、前記記憶手段から読み出された励振ウェイトの情報を隣接する前記複数のアンテナ素子に対応する前記複数の前記励振ウェイト付与手段に順次伝達させつつ設定することを特徴とする請求項9または10記載の可変指向性アンテナ。

【請求項12】前記励振ウェイト設定手段は、点対称の位置にある二つのアンテナ素子に対応する前記励振ウェイト付与手段に前記記憶手段から読み出された同一の励振ウェイトの情報を設定することを特徴とする請求項9または10記載の可変指向性アンテナ。

【請求項13】前記アンテナ素子は、円筒面上または多角形の角柱面上あるいは球面上に配置されていることを特徴とする請求項9または10記載の可変指向性アンテナ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末とで構成される無線通信システムに係り、特に可変指向性アンテナを有する無線基地局の指向性制御方法および指向性制御が可能な可変指向性アンテナに関する。

【0002】

【従来の技術】少なくとも一つの無線基地局と低速で移動する携帯移動端末のような複数の無線端末とで構成される無線通信システムにおいて、特に現存する公衆網を用いて通信を行う場合には、周波数利用効率の向上による加入者容量の増大や、通信品質の向上を図るために、

簡易な空間利用を行う方法がとられる。具体的には、基地局にセクタアンテナを用いて基地局の通信サービスエリアをセクタと呼ばれる複数のサブエリアに分割する、いわゆるセルのセクタ化が挙げられる。

【0003】このセクタアンテナによるセルのセクタ化は、基地局において端末が存在するセクタの位置を登録しておくか、または基地局で端末からの送信信号の受信信号強度を検出して、基地局と通信を行うべき端末の存在方向をある程度限定し、その方向のみで通信を行うことによって周波数資源の有効利用を図り、かつ空間的に基地局と各端末間の通信の相互干渉を抑圧して通信品質の向上を図る方法である。さらに、この方法は基地局および端末の送信電力を低減できるという大きなメリットもある。

【0004】しかし、セクタアンテナによるセル化構成ではセクタが固定的であるため、空間利用の柔軟性に乏しい。例えば、同じセクタのセルに大勢の端末の加入者が集中して通信チャネルが不足した場合に、他のセクタで利用している周波数を臨機応変に割り当てたり、適応的にセクタ角を調整することでセクタ内の端末数を制限するといったことはできない。

【0005】また、セルのセクタ化により加入者容量を増大させるためには、各セクタおよび各端末での使用周波数の管理を厳密に実施しなければならない。そのために、各端末の位置登録が厳密に行われており、セクタを跨ぐいわゆるセクタ間ハンドオフが生じると位置登録の見直しを図ったり、定期的な位置登録信号の送受信を行う等、制御に関するやり取りが煩雑になるという欠点がある。

【0006】一方、上述したセクタアンテナによるセル化された無線通信システムの欠点を回避する方法として、適応的に通信を行う方向を制御するアダプティブアレイアンテナを基地局に用いることが考えられる。アダプティブアレイアンテナは、複数のアンテナ素子を所定形状に配列してアレイを構成し、各アンテナ素子に対して付与する励振ウェイト（励振位相および励振振幅）を制御することで指向性パターンの形状や方向、すなわち指向性を適応的に制御できるものである。

【0007】このアダプティブアンテナ技術を基地局に適用する場合、従来技術の延長によると、各アンテナ素子の受信信号から最適な励振ウェイトを計算して設定することにより、指向性ビームが通信しようとする端末の方向を向くように指向性制御を行う必要があるが、この際の励振ウェイトの計算は非常に複雑となる。

【0008】さらに、この種の無線通信システムでは一般的に、上り回線（端末→基地局）と下り回線（基地局→端末）の周波数が異なるフルデュプレクス通信が行われる。ここで、従来の技術では上り回線の信号の伝搬状態、すなわち基地局の受信信号から、送信すべき方向を算出して基地局アンテナの指向性を制御している。し

かし、上り回線と下り回線の周波数が異なる場合、上り回線の信号からでは下り回線の信号の伝搬状態を正確に知ることができないため、基地局で受信信号を基に送信すべき方向を算出しても、その方向に端末が存在するとは限らないことになってしまう。この問題はセクタアンテナを採用した無線通信システムにも当てはまり、狭角セクタアンテナを利用すると、アダプティブアレイアンテナを用いた場合と同じ問題が生じる。従って、セクタアンテナを利用する基地局では一般的に狭セクタ化しない。

【0009】一方、従来のアダプティブアレイアンテナでは、アレイを構成する複数のアンテナ素子に対して付与する個々の励振ウェイトを所望とする指向性に応じて計算で求め、これらを励振ウェイト付与のための可変移相器や可変減衰器または可変利得増幅器に設定している。従って、アンテナ素子の数が多くなると励振ウェイトの計算が複雑となり、結果的に指向性の制御に時間がかかるため、大容量・高速の通信に適應できない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、無線基地局と複数の無線端末とで構成される無線通信システムにおいては、周波数利用効率の向上による加入者容量の増大や通信品質の向上を図るために、セクタアンテナによるセル化やアダプティブアレイアンテナの使用により、基地局と通信を行うべき端末の方向のみに狭ビームの指向性パターンを形成して通信を行うことが望ましい。

【0011】しかし、前者のセクタアンテナによるセル化では、基地局の通信サービスエリアが固定的であるために空間利用の柔軟性に乏しく、また各セクタや各端末での周波数管理を厳密に実施しなければならないため、セクタ間ハンドオフが生じると位置登録の見直しを図ったり、定期的な位置登録信号の送受信を行う等、制御に関する煩雑なやり取りを必要とするという問題点がある。

【0012】また、後者のアダプティブアレイアンテナを用いる方法は、基地局から見た端末の存在方向を限定するための指向性パターン算出手順が複雑であることに加えて、セクタアンテナを用いた場合も同様であるが、フルデュプレクス通信が行われる場合、基地局において受信信号を基に送信すべき方向を算出しても、その方向に端末が存在するとは限らないために所期の目的を達成できないという問題点がある。

【0013】さらに、従来のアダプティブアレイアンテナでは、アレイを構成する複数のアンテナ素子に対して付与する励振ウェイトを計算で求めて設定しているため、アンテナ素子の数が多くなると励振ウェイトの計算が複雑となって指向性の制御に時間がかかるため、大容量・高速の通信に適應できないという問題点がある。

【0014】本発明の目的は、無線通信システムにおけ

る基地局のアンテナ指向性を簡単な制御により通信を行う端末の方向を確実に向くように制御可能として、空間利用の効果を十分に発揮でき、かつ通信品質の向上を図ることができる無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法を提供することにある。

【0015】本発明の他の目的は、複雑な計算を要することなくアンテナ指向性を速やかに制御することができ、もって上記のような無線通信システムにおける無線基地局用のアンテナとして好適な可変指向性アンテナを提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は可変指向性アンテナを有する少なくとも一つの無線基地局と複数の無線端末間で通信を行う無線通信システムにおける無線基地局のアンテナ指向性制御方法において、無線基地局から該無線基地局の通信サービスエリア内全方向にパイロット信号を送信し、無線端末ではパイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを無線基地局に送信し、無線基地局では受信特性データに基づいて可変指向性アンテナの指向性を制御することを基本的な特徴とする。

【0017】このようにすることにより、基地局の可変指向性アンテナの指向性を簡単な制御により所望の無線端末の方向を確実に向くように制御することが可能である。すなわち、本発明において無線基地局から送信されるパイロット信号を無線端末が受信して得られる受信特性データは、無線基地局の可変指向性アンテナがその無線端末の方向に形成すべき指向性パターンに対応しているため、この受信特性データを用いることにより、確実にその無線端末を向くように可変指向性アンテナの指向性が制御される。

【0018】従って、セクタアンテナによるセル化を行った場合に比較して空間利用の効果が十分に得られ、かつ無線基地局と所望の無線端末との間の通信と、同一通信サービスエリア内の他の無線端末間の通信や近接した無線基地局と無線端末との間で行われる通信との相互干渉が軽減され、通信品質が向上する。

【0019】また、フルデュプレクス通信に際しても、確実に無線基地局から見た無線端末の存在方向が分かり、通信しようとする無線端末の方向を正しく向くように指向性を制御することが可能である。

【0020】さらに、アダプティブアレイアンテナを用いた場合においても、無線端末から無線基地局に返信される受信特性データがその無線端末の方向に形成すべき指向性ビームに対応していることにより、その指向性ビームが得られるように簡単な制御で指向性を制御することができる。

【0021】本発明において、無線基地局から通信サービスエリア内全方向にパイロット信号を送信する方法としては、時分割、周波数分割および符号分割の少なくと

も一つの方法を用いることができる。

【0022】ここで、特に無線基地局からパイロット信号を時分割で通信サービスエリア内全方向に送信する場合、すなわち狭指向性ビームによりパイロット信号を通信サービスエリア内の複数方向に順次送信する場合には、無線端末において自端末当てのパイロット信号を受信・観測するための時間窓を設定する必要がある。このためには、無線基地局からパイロット信号を送信する前に、通信サービスエリア内全方向に例えば無指向性パターンを用いてタイミング信号を同時に送信し、無線端末においてこのタイミング信号を測定時間基準としてパイロット信号の受信特性を測定すればよい。他の方法として、無線基地局から通信サービスエリア内全方向に無線通信システムの主無線通信回線とは別の無線通信回線でタイミング信号を送信した後、主無線通信回線でパイロット信号を送信してもよい。

【0023】さらに、無線基地局の通信サービスエリアを空間的に複数のサブエリアに分割して、各サブエリアに順次定められたタイミングでパイロット信号を送信するようにすれば、このようなタイミング信号の送信は不要となる。

【0024】無線端末においては、パイロット信号の受信特性として、具体的には無線基地局からのパイロット信号送信方向と、パイロット信号の受信信号強度、受信位相および信号対雑音比の少なくとも一つとの関係を測定する。一方、無線基地局においては、この受信特性データに基づいて、例えば最大受信電力が得られた方向に狭指向性ビームが形成されるようにアンテナ指向性を制御するか、あるいは受信電力が所定値以上大きいパイロット信号の送信方向が複数個存在する場合に、所望方向以外の全方向または一部の方向にヌルを有し、所望方向またはその近傍の方向にメインローブを有する指向性パターンが形成されるように指向性の制御を行う。また、無線基地局は可変指向性アンテナにおいて予め複数の指向性パターンを容易しておき、これらの中から受信特性データに基づいて最適な指向性パターンを選択することによりアンテナ指向性を制御してもよい。

【0025】本発明に係る可変指向性アンテナは、配列された複数のアンテナ素子と、この複数のアンテナ素子に対して励振ウェイトを付与する励振ウェイト付与手段と、この励振ウェイト付与手段により付与されるべき励振ウェイトの情報を複数種類の指向性パターンに対応して記憶する記憶手段と、この記憶手段から所望の指向性パターンに対応する励振ウェイトの情報を読み出して励振ウェイト付与手段に設定する励振ウェイト設定手段とを備えたことを特徴とする。複数のアンテナ素子は、円筒面上または多角形の角柱面上あるいは球面上に配置されており、さらに好ましくは同一円周上に等間隔で配列された同一特性のアンテナ素子により構成される。

【0026】このように構成された可変指向性アンテナ

では、複数種類の励振ウェイトを事前に解析等により綿密に決定して、その情報を記憶しておけば、実際に指向性制御を行う際はその励振ウェイトの情報を読み出して設定するだけでよい。従って指向性制御に必要な時間が短く、要求に応じて迅速に指向性ビームの形状を変化させることが可能となり、大容量・高速の通信に有効となる。

【0027】複数のアンテナ素子を同一円周上に等間隔で配列された同一特性の素子で構成した場合、励振ウェイト設定手段は記憶手段から読み出された励振ウェイトの情報を複数のアンテナ素子に対応する複数の励振ウェイト付与手段に対して位相をずらせて設定可能に構成されていることが好ましい。このようにすると、ある指向性ビームを形成するために用いた励振ウェイトは、この励振ウェイトの情報を複数のアンテナ素子の位置に対して位相をずらせて設定することにより、相対位置のみ異なる他の指向性ビームの形成と共用できるため、励振ウェイトの情報のための記憶容量が小さくて済み、記憶容量の有効利用が図られ、さらに指向性ビームの方向を時間的に順次ずらせるビーム走査が可能となる。

【0028】また、励振ウェイト設定手段は記憶手段から読み出された励振ウェイトの情報を隣接する複数のアンテナ素子に対応する複数の励振ウェイト付与手段に順次伝達させつつ設定することを特徴とする。これにより励振ウェイトの情報を伝達するための線路数が減少し、給電系の構成が簡単となるためにアンテナの小型化・薄型化および低コスト化が可能となると共に、ビーム走査がより簡単な構成によって実現される。

【0029】さらに、励振ウェイト設定手段は、点対称の位置にある二つのアンテナ素子に対応する励振ウェイト付与手段に記憶手段から読み出された同一の励振ウェイトの情報を設定することを特徴とする。このようにすると、双方向ビームのような線対称の指向性ビームパターンの形成が可能となり、ストリートセルのような道路方向や地下街などの通路方向への指向性ビームの形成を行う場合や、リピータや、再送信アンテナなどの用途に有用であると共に、必要な励振ウェイトの情報が半減され、記憶容量がさらに削減される。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(第1の実施形態) 図1に、本発明の第1の実施形態に係る無線通信システムの概略構成を示す。この無線通信システムは、少なくとも一つの無線基地局11と複数の携帯移動端末のような無線端末12との間で通信を行うシステムである。無線基地局11は少なくとも送信用アンテナとして可変指向性アンテナ13を有し、通信サービスエリア14を形成する。無線端末12は、通信サービスエリア14内に位置しているときに無線基地局11との通信が可能となる。この通信に際して、無線基地局

11の可変指向性アンテナ13はその無線端末12の方向を指向性ビームが向くように指向性が制御される。

【0031】可変指向性アンテナ13は、例えばアダプティブアレイアンテナにより構成され、図2に示すように複数の狭指向性ビーム、この例では22、5°間隔で配置された16個の狭指向性ビームB1～B16を選択的に形成することが可能であり、これらの狭指向性ビームB1～B16により無線基地局11の通信サービスエリア14内の360°の全方向をカバーすることができる。なお、本実施形態では狭指向性ビームのビーム数を16としたが、このビーム数は特に限定されないことはいうまでもない。また、可変指向性アンテナ13は本実施形態では通信サービスエリア14内の全方向をくまなくカバーするような無指向性パターンを形成することも可能に構成されている。一方、無線端末12のアンテナ15は通常、簡易な無指向性アンテナが使用される。

【0032】次に、図3～図7を参照して本実施形態における可変指向性アンテナ13の指向性制御方法について説明する。図3(a)(b)は、この指向性制御に係る無線基地局11側および無線端末12側の制御手順をそれぞれ示すフローチャートである。図4(a)(b)は、指向性制御時の可変指向性アンテナ13の指向性パターンである。図5(a)(b)は、指向性制御時の無線基地局11および無線端末12の送信タイムテーブルである。図6(a)および(b)(c)は、指向性制御のためのパイロット信号の送信タイミングおよびパイロット信号の受信特性である。また、図7は無線基地局11と無線端末12間の信号のやり取りを示している。

【0033】まず、無線基地局11において可変指向性アンテナ13の指向性パターンを図4(a)に示すように無指向性パターンB0とし、この状態で図5(a)の無指向性パイロット信号送信区間21に、無線端末12での受信特性の測定時間基準を与えるためのタイミング信号としてのパイロット信号(これを無指向性パイロット信号という)を送信する(ステップS101)。この無指向性パイロット信号は無線端末12で受信され、これに基づき無線端末12では後述する狭指向性パイロット信号の受信特性の測定が開始される(ステップS201)。

【0034】次に、無線基地局11においてステップS102で $n=1$ とした後、可変指向性アンテナ13の指向性パターンを図4(b)に示すように狭指向性ビームB $n$ とし、この状態で図5(a)の狭指向性パイロット信号送信区間22に、パイロット信号(これを狭指向性パイロット信号という)を送信する(ステップS103)。そして、ステップS105で $n$ を1ずつインクリメントさせて狭指向性パターンB $n$ をB1→B2→…と順次切り替え、ステップS104で $n=16$ となるまで繰り返す。すなわち、無線基地局11からは図6(a)に示すように16個の狭指向性パイロット信号P1～P

16が順次狭指向性パターンB1～B16により送信される。なお、狭指向性パイロット信号P1～P16としてはパルス信号、CW信号あるいは変調信号などが用いられる。

【0035】狭指向性パイロット信号P1～P16は、狭指向性ビームB1～B16の方向にそれぞれ存在する無線端末12で受信され、その無線端末12で狭指向性パイロット信号の受信特性が測定される(ステップS203)。狭指向性パイロット信号の受信特性とは、例えば受信信号強度、受信位相(受信復素サンプル値)および信号対雑音比などの狭帯域パイロット信号の受信電力に関わる特性である。図6(b)(c)は無線端末12における狭指向性パイロット信号P1～P16の受信特性の例であり、(b)は例えば狭指向性パイロット信号P4の方向に位置している無線端末での受信特性、

(c)は狭指向性パイロット信号P5の方向に位置している無線端末での受信特性を示している。なお、図6(b)(c)の横軸は時間、すなわち狭帯域パイロット信号の送信方向、また縦軸は受信信号強度(受信信号振幅)、受信位相あるいは信号対雑音比などであり、以後これらによって与えられるパラメータを受信電力と総称するものとする。

【0036】ここで、無線基地局11が狭指向性パイロット信号P1～P16を順次送信する際、各々の無線端末12では自端末当りの狭指向性パイロット信号を受信・観測するための時間窓を設定する必要がある。このために無線基地局11から前述した無指向性パイロット信号の送信が行われる。すなわち、無指向性パイロット信号は通信サービスエリア14内の複数の無線端末12においてほぼ同時に受信されるため、無線端末12では無指向性パイロット信号をタイミング信号として送出し、このタイミング信号を測定時間基準として図5(a)に示す狭指向性パイロット信号送信区間22内に送信されてくる狭指向性タイミング信号を受信・観測するための時間窓を設定する。これにより各無線端末12における狭指向性パイロット信号の受信特性測定開始時間を同期させることができ、信頼性の高い測定が可能となる。

【0037】なお、このように無指向性パイロット信号を狭指向性パイロット信号送信区間22の受信・観測用時間窓を設定するためのタイミング信号とする代わりに、本無線通信システムの主無線通信回線とは別の無線基地局11の通信サービスエリア14内の全域で受信可能な無線通信回線、例えばPHSやPDC等の他の無線通信システムの回線を利用して、狭指向性パイロット信号送信区間22に送信されてくる狭指向性パイロット信号の受信・観測用時間窓を設定するためのタイミング信号を送出するようにしてもよい。

【0038】次に、上記のようにして無線端末12で狭帯域パイロット信号の受信特性が測定されると、その受信特性データ、すなわち狭帯域パイロット信号の送信方

向と受信電力の関係を示すデータが図5 (b) の受信特性データ送信区間24に無線端末12から無線基地局11に送信される(ステップS206)。図7の記号Qが受信特性データの送信を示している。なお、図5 (b) の受信特性データ送信区間24は、図5 (a) に示す無線基地局11からのデータ伝送区間Tと時間的に重複しているが、データ伝送区間Tと別の時間帯であってもよい。また、狭帯域パイロット信号の送信周期は固定でもよいが、電波環境や無線端末12の接続環境の変化に応じて送信周期を変化させることも可能である。

【0039】こうして無線端末12から送信された受信特性データが無線基地局11で受信されると、無線基地局11ではその受信特性データから無線端末12での狭帯域パイロット信号の受信時間(受信方向)と受信電力との関係を解析し、それに基づいて最大受信電力の方向、すなわち狭帯域パイロット信号の受信電力が最大となる方向を特定する(ステップS108)。無線基地局11では、図7の記号Rに示すようにその無線端末12と通信を行う際、この特定した最大受信電力の方向に狭ビーム幅の指向性パターンが形成されるように可変指向性アンテナ13の指向性を制御する(ステップS108)。そして、この指向性制御の後、無線基地局11と無線端末12間の通信を開始する(ステップS109、S209)。

【0040】本実施形態によると、上り回線(無線端末12→無線基地局11)と下り回線(無線基地局11→無線端末12)の周波数が異なる一般的なフルデュプレクス通信においても、無線他基地局11において効率的に無線端末12の存在方向を限定して、不要な方向への電波の放射を避けることができるため、他の通信に対する妨害干渉を抑圧することができる。また、無線端末12に搭載するアンテナ15は可変指向性アンテナである必要はなく、簡易な無指向性アンテナでよい。また、無線端末12の小型化・省電力化を図ることが可能となる。

【0041】次に、図8を用いて上述した指向性制御を実現するための無線基地局11の具体的な構成例を説明する。この無線基地局11は送信用アンテナである可変指向性アンテナ13とは別に設けられた受信用アンテナ16を有し、この受信用アンテナ16で受信された信号は、基地局受信回路17を介して受信データとして取り出される。また、受信用アンテナ16で受信された無線端末12からの受信特性データは、基地局受信回路17を介してアンテナ指向性制御部18に入力される。一方、送信データは基地局送信回路19を介して可変指向性アンテナ13から無線端末12に向けて送信される。制御部20は、基地局受信回路17、アンテナ指向性制御部18および基地局送信回路19の制御を行う。

【0042】図8の動作を説明すると、制御部20はパイロット信号の送信タイミングの決定、可変指向性アン

テナ13の指向性の種類の選択、および基地局受信回路17を介して取り出された無線端末12からの受信特性データのアンテナ指向性制御部18への転送を行う。基地局送信回路19は、制御部20からの信号に基づき図5 (a) の無指向性パイロット信号送信区間21において無指向性パイロット信号(タイミング信号)を生成し、狭指向性パイロット信号送信区間22において狭指向性パイロット信号を生成する。アンテナ指向性制御部18は、制御部20からの信号に基づいて可変指向性アンテナ13の指向性パターンを無指向性パイロット信号送信区間21には無指向性パターンに、狭指向性パイロット信号送信区間22には狭指向性ビームのパターンに切り替える。

【0043】なお、可変指向性アンテナ13がアダプティブアレイアンテナの場合、アンテナ指向性制御部18はアレイを構成する複数のアンテナ素子に付与される励振ウェイトを設定するものであり、無指向性パターンおよび狭指向性パターンに対応する励振ウェイトをメモリにテーブルとして格納し、これを適宜読み出して励振ウェイトの付与手段に設定するものとする。励振ウェイトの付与はベースバンド処理によっても実現が可能であり、それにより高精度の高周波部品の点数を削減することができる。可変指向性アンテナ13に適したアダプティブアレイアンテナの具体例については後述する。

【0044】また、ここでは受信用アンテナ16を別に設けたが、可変指向性アンテナ13を送受共用アンテナとして使用することも可能であり、それによって部品点数の削減、無線基地局11の小型化を実現することもできる。

【0045】一方、無線基地局11で無線端末12から図5 (b) の受信特性データ送信区間24に送信された受信特性データがアンテナ16に到来して受信された場合、その受信特性データは基地局受信回路17を介して取り出され、制御部20からの信号によりスイッチングされてアンテナ指向性制御部18に導かれる。アンテナ指向性制御部18では、この受信特性データに基づき前述のようにして各無線端末12との通信に適した狭指向性ビームのパターンを求め、可変指向性アンテナ13の指向性を制御する。そして、図5 (a) のデータ伝送区間23あるいは指向性制御の終了後の区間に、所望の無線端末12に対してデータを伝送し、通信を行う。

【0046】(第2の実施形態) 次に、図9～図11を参照して第2の実施形態を説明する。本実施形態は、アンテナの指向性ビームを狭ビーム化すると、一般的に指向性パターンにおいてメインローブとは異なる方向へサイドローブが形成され、不要な方向への電波の放射を余儀なくされることによる通信への影響を軽減するようにしたものである。なお、本実施形態における無線通信システムの構成と、無線基地局11からのパイロット信号の送信手順および無線端末12での受信手順は第1の実

施形態と同様であるので、それらの説明は省略する。

【0047】今、図9(a)に示すように無線基地局11から次々と異なる方向に指向性を有する狭指向性ビームにより狭指向性パイロット信号が送信され、これが無線端末12で次々に受信されて受信特性が測定される際に、通信サービスエリア14内やその近傍に存在する電波反射体による反射などの原因で、図9(b)に示すように受信特性に複数の大きな受信電力が現れたとする。図9(b)の例では、t1, t2, t15, t16のタイミングに示されるように、図2の16個の狭指向性ビームB1~B16のうちB1, B2, B15, B16により送信されるパイロット信号P1, P2, P15, P15の受信特性に、所定値以上の大きな受信電力が現れている。このような場合、第1の実施形態で説明したプロセスでは、最も受信電力が強い方向に無線基地局11の狭指向性ビームを向けるようにしていた。

【0048】ところで、このように受信特性に複数の所定値以上大きな受信電力が現れた場合は、これらに対応する狭指向性ビームB1, B2, B15, B16のどれでも十分な品質で無線端末12との通信が可能である。この場合、無線基地局11からは等価的に、狭指向性ビームB1, B2, B15, B16の集合によってカバーされる電波放射方向30に示す広いエリアに無線端末12が存在するように見える。従って、無線基地局11が狭指向性ビームB1, B2, B15, B16の中から一つを選択して所望の無線端末12へ送信を行い、残りの狭指向性ビームのいずれかによって同一周波数で別の無線端末へ送信するようなことがあると、その別の無線端末への送信電波が無線端末12と無線基地局11との通信を妨害してしまう。

【0049】そこで、本実施形態では無線基地局11と所望の無線端末12との通信に際して、他の無線端末への通信に妨害となる方向へ電波を放射しないように、無線基地局11と無線端末12との通信に使用する無線基地局11の指向性パターンにおいて、他の無線端末への通信に妨害となる方向へ積極的にヌル(零点)を形成する。すなわち、図11(a)に示す無線基地局11の指向性パターンを図11(b)のように変形させ、所望の無線端末12が存在する唯一の所望方向のみにメインローブを有し、他の妨害となる不要な方向にヌルを形成した指向性パターンを形成するのである。この結果、不要な方向への電波の放射を積極的に低減できるため、他の無線端末への同一チャネル干渉の低減ならびに自無線端末へのマルチパス干渉の低減が実現できる。

【0050】なお、指向性パターンにおいて不要な方向全てにヌルを形成したいが、原理上全ての不要な方向にヌルを形成できないような場合は、不要な複数の方向の一部に最もヌルを形成しやすく、かつ放射すべき所望方向にメインローブを形成しやすい指向性パターンを形成する。ただし、この場合にはメインローブの形成方向が

無線端末12におけるパイロット信号の受信特性において受信電力が最大になる方向とは限らない。

【0051】(第3の実施形態)次に、図12および図13を参照して第3の実施形態を説明する。本実施形態における無線通信システムの構成は第1の実施形態と同様である。本実施形態では、第1の実施形態と同様に無線基地局11から時分割で異なる方向に送信されたパイロット信号P1~P16が無線端末12で受信され、無線端末12でそれらのパイロット信号の受信特性が測定され、無線基地局11に受信特性データが送信される。そして、無線基地局11では受信特性データを基に、予め用意してある複数のアンテナ指向性パターンの中から最適と思われる指向性パターンを探し出し、その指向性パターンで無線端末12との通信を開始する。

【0052】図12(a)(b)は、本実施形態における無線基地局11の可変指向性アンテナ13の指向性制御に係る無線基地局11側および無線端末12側の制御手順をそれぞれ示すフローチャートであり、ステップS101~S106およびステップS201~S206の処理は図3(a)(b)と同様である。本実施形態では、ステップS106において無線基地局11で無線端末12からの受信特性データが受信された後、受信特性データのパターン解析が行われる(ステップS111)。無線基地局11では、そのパターン解析結果に基づいて、予め所有しているアンテナ指向性パターンが決定され、その結果を基に予め所有している複数の異なるアンテナ指向性パターンを格納しているメモリ(指向性パターン格納メモリ)をアクセスし(ステップS112)、所望のアンテナ指向性パターンを読み出してその指向性パターンが形成されるように可変指向性アンテナ13の指向性を制御する(ステップS113)。この指向性制御の後、無線基地局11と無線端末12間の通信を開始する(ステップS109, S209)。

【0053】図13(a)はステップS103で無線基地局11から無線端末12へ送信されるパイロット信号P1~P16であり、このパイロット信号の受信特性が図3(b)であるとする、ステップS113では図13(c)に示すような指向性パターンが読み出されることになる。

【0054】このように本実施形態によれば、不要な方向への電波の放射を積極的に低減することができ、他局への同一チャネル干渉の低減ならびに自局へのマルチパス干渉の低減が可能となる。

【0055】(第4の実施形態)次に、図14および図15を参照して第4の実施形態を説明する。図14は本実施形態におけるパイロット信号の説明図であり、図15はパイロット信号の受信タイミングおよび受信特性を示す図である。

【0056】本実施形態では、無線基地局11から送信される複数個(先の例では16個)の狭帯域パイロット

信号の周波数を図14の $f_1 \sim f_{16}$ のように異ならせ、これらのパイロット信号を無線基地局11の通信サービスエリア内全方向に図14(a)のように一定時間内に同時に、または図14(b)のように順次時間をずらせて送信するようにした点が第1の実施形態と異なる。パイロット信号としては、パルス信号、CW信号あるいは変調信号などが用いられる。

【0057】無線端末12では、無線基地局11から可変指向性アンテナ13が形成する複数の狭指向性ビーム $B_1 \sim B_{16}$ により周波数的に分離されて送信された周波数 $f_1 \sim f_{16}$ のパイロット信号を無指向性アンテナ15で受信する。具体的には、無線端末12は図15に示すように、 $SW_1$ のタイミングで受信周波数を $f_1$ に切り換えて狭指向性ビーム $B_1$ により送信されてきた周波数 $f_1$ のパイロット信号を受信し、一定時間後に $SW_2$ のタイミングで受信周波数を $f_2$ に切り替えて狭指向性ビーム $B_2$ により送信されてきた周波数 $f_2$ のパイロット信号を受信するという動作を順次行い、全ての狭指向性ビーム $B_1 \sim B_{16}$ によりそれぞれ送信されてくる周波数 $f_1 \sim f_{16}$ のパイロット信号を受信する。

【0058】そして、無線端末12では無線基地局11からのパイロット信号の図15に示す受信特性を測定し、受信特性データを無線基地局11に送信する。その際、無線基地局11で上り回線(無線端末12→無線基地局11)の受信特性データを受信するアンテナは、可変指向性アンテナ13でなく無指向性アンテナ16が用いられる。また、受信周波数はパイロット信号の周波数 $f_1 \sim f_{16}$ のいずれかと同一周波数でも全く異なる周波数でも良い。無線基地局11では、先の実施形態と同様に無線端末12からのパイロット信号の受信特性データに基づいて、無線端末12の存在方向に改めて通信用の狭指向性ビームを形成する。

【0059】本実施形態においても、第1の実施形態と同様の効果が得られることは明らかである。

(第5の実施形態)次に、図16～図18を参照して第5の実施形態を説明する。図16は本実施形態におけるパイロット信号の説明図であり、図17はパイロット信号の受信タイミングおよび受信特性を示す図である。また、図18は無線端末12内の指向性制御に係る部分の構成を示す図である。

【0060】本実施形態では、無線基地局11から送信される複数の(先の例では16個)の狭帯域パイロット信号の符号語を図16の $C_1 \sim C_{16}$ のように異ならせ、これらのパイロット信号を無線基地局11の通信サービスエリア内全方向に図16(a)のように一定時間内に同時に、または図16(b)のように順次時間をずらせて送信するようにした点が第1の実施形態と異なる。ここで、パイロット信号は符号の性質を利用して互いに分離できる符号系列(符号語)であればよく、時間分割または周波数分割で分離されていてもいなくともよい。

【0061】無線端末12では、無線基地局11から可変指向性アンテナ13が形成する複数の狭指向性ビーム $B_1 \sim B_{16}$ により送信された符号語 $C_1 \sim C_{16}$ のパイロット信号を無指向性アンテナ15で受信する。具体的には、無線端末12は図18に示すように、各符号語 $C_1 \sim C_{16}$ の検出のためのマッチドフィルタ $41-1 \sim 41-16$ とその出力を切り替えるスイッチ42を備えており、図17に示すように $SW_1$ のタイミングでマッチドフィルタを $41-1$ に切り換えて、狭指向性ビーム $B_1$ により送信されてきた符号語 $C_1$ のパイロット信号を受信し、一定時間後に $SW_2$ のタイミングでマッチドフィルタを $41-2$ に切り替えて、狭指向性ビーム $B_2$ により送信されてきた符号語 $C_2$ のパイロット信号を受信するという動作を順次行い、全ての狭指向性ビーム $B_1 \sim B_{16}$ によりそれぞれ送信されてくる符号語 $C_1 \sim C_{16}$ のパイロット信号を受信する。

【0062】そして、無線端末12では無線基地局11からのパイロット信号の図17に示す受信特性を測定し、受信特性データを無線基地局11に送信する。その際、無線基地局11で上り回線(無線端末12→無線基地局11)の受信特性データを受信するアンテナは、可変指向性アンテナ13でなく無指向性アンテナ16が用いられる。無線基地局11では、先の実施形態と同様に無線端末12からのパイロット信号の受信特性データに基づいて、無線端末12の存在方向に改めて通信用の狭指向性ビームを形成する。

【0063】本実施形態においても、第1の実施形態と同様の効果が得られることは明らかである。

(第6の実施形態)次に、図19～図21を参照して第6の実施形態における可変指向性アンテナ13の指向性制御方法について説明する。図19(a)(b)は、この指向性制御に係る無線基地局11側および無線端末12側の制御手順をそれぞれ示すフローチャートである。図20(a)(b)は、指向性制御時の可変指向性アンテナ13の指向性パターンである。図21(a)(b)は、指向性制御時の無線基地局11および無線端末12の送信タイムテーブルである。

【0064】本実施形態では、図20(a)に示されるように無線基地局11の通信サービスエリアは複数個、この例では8個のサブエリア51～58に分割される。基地局11は、これらのサブエリア51～58に対し、図21(a)に示すパイロット信号送信区間61, 62, ...にパイロット信号を送出する。無線端末12では全てのサブエリア51～58にパイロット信号が送信されるまでパイロット信号の受信・観測を行い、受信・観測の終了直後に受信特性データを無線基地局11に送信する。このようにすることにより、無線端末12は第1の実施形態のように自端末当りのパイロット信号を観測するための時間窓を設定する無指向性パイロット信号を送信する必要がなくなる。

【0065】なお、受信特性データは第1の実施形態と同様に、図21(b)に示す受信特性データ送信区間65, 66, …に無線基地局11に送信されるが、上り回線のトラフィックが多いときには受信特性データの時間、つまり離散的なサンプリングデータ系列の順番を次の時間にシフトさせ、次の送信区間に無線基地局11に送信される。この操作により、回線のトラフィックに応じた柔軟な無線通信システムを実現できるという効果が得られる。

【0066】本実施形態における図19(a)(b)の制御手順は、第1の実施形態における図3(a)(b)に示した制御手順における無指向性パイロット信号の送信処理(ステップS101)が除去されている点を除いて、図3(a)(b)と同様であるため、詳細な説明は省略する。

【0067】(第7の実施形態)次に、本発明に係る無線通信システムにおける無線基地局11の可変指向性アンテナとして適した可変指向性アンテナの実施形態を説明する。

【0068】図22は、第7の実施形態に係る可変指向性アンテナの外観図である。円柱状の筐体100の周面上に複数個、この例では8個のアンテナ素子101~108が等間隔で配置されている。アンテナ素子の方式は特に限定されないが、例えば誘電体基板上にストリップ導体を形成して構成されるマイクロストリップアンテナが好適である。この可変指向性アンテナの給電系は、筐体100の内部に設けられている。

【0069】図23に、本実施形態に係る可変指向性アンテナの給電系の構成例を示す。図23は簡単のために送信系について示しているが、受信系も同様な構成となる。送信器149から出力される信号は、分配器160によって8分配され、重み付け器161~168によりそれぞれ重み付け、すなわち励振ウェイトの付与が行われる。ここで、重み付けとは送信信号の相対的な励振振幅および励振位相を設定することであり、励振振幅の変化は可変増幅器や可変減衰器を用い、励振位相の変化は可変移相器を用いることにより実現できる。これら励振振幅と励振位相を統合して励振ウェイトと呼ぶ。重み付け器161~168は、制御装置140からの制御信号により制御されることによって励振ウェイトが設定される。制御装置140は送信器149の制御も行う。

【0070】制御装置140は、複数種類の励振ウェイトの情報を予め記憶した記憶装置150と接続され、この記憶装置150から所望の励振ウェイトの情報を随時読み出して重み付け器161~168に供給する。重み付け器161~168で重み付けられた送信信号は、周波数変換器151~158により送信電波の周波数帯にそれぞれ変換され、さらに増幅器141~148によりそれぞれ増幅された後、アンテナ素子101~108から放射される。

【0071】記憶装置150には、所望の指向性ビーム形状を実現するために各アンテナ素子101~108に対して設定する励振ウェイトの情報が上述のように複数種類予め記憶されている。これにより、例えば図24に示すような水平面(X-Y平面)内において指向性利得およびビーム幅の異なる複数のビーム1、ビーム2およびビーム3などの合成パターンの形成を、各々のパターンに対応した励振ウェイトの情報を記憶装置150から制御装置140で読み出して重み付け器161~168に設定することにより実現できる。

【0072】本実施形態によれば、次の利点が得られる。

(1) 複数種類の励振ウェイトは事前に解析等により綿密に決定され、その情報が記憶装置150に記憶されており、実際に利用する際にはその情報を読み出して重み付け器161~168に設定するだけでよい。従って、指向性ビームの形成・制御に必要な時間が短く、要求に応じて迅速に指向性ビームの形状を変化させることが可能となる。今後の大容量・高速の通信に対して有効である。

【0073】(2) 形成する指向性ビームの形状は、事前にそのための励振ウェイトを用意しておくだけで自由に設定できる。例えば、ビーム幅の違う複数のセクタビームを形成したり、特定の領域(例えば干渉となる無線基地局などの方向)に対して低サイドローブ化やヌル形成を行う指向性パターンを形成したり、特定の方向に高利得ビームを形成したりすることができる。以上から、通信サービス内容、伝送速度や通信環境に応じてビーム形状を柔軟に対応させることができ、高度な通信に用いるアンテナとして効果大きい。

【0074】(3) アンテナ素子101~108は同一円周上に等間隔で配列され、しかもその特性、具体的にはアンテナ方式および形状が同一であり、相互の位置関係は対称的になっている。そのため、ある指向性ビームを形成するために用いた励振ウェイトは、相対位置のみ異なる他の指向性ビームの形成と共用できることになる。例えば、図25において指向性ビームaの形成のためにアンテナ素子101, 102, …108に付与する励振ウェイトを $\{w_1, w_2, \dots, w_8\}$ としたとき、この励振ウェイトの組を一つ位相をずらしてアンテナ素子101, 102, …108に $\{w_8, w_1, w_2, \dots, w_7\}$ のように設定すると、指向性ビームaと同一形状で放射方向が矢印φの方向に45°ずれた指向性ビームbを形成することができる。

【0075】このように励振ウェイトの一つの組を複数のアンテナ素子101~108に対して位相をずらせて設定可能な構成にすることにより、一つの励振ウェイトの組を8個の異なる指向性ビームに共通に利用できるため、記憶装置150の記憶容量が小さくて済み、記憶装置150の限られた記憶容量を有効に活用できる利点が

ある。

【0076】次に、制御装置140による制御の具体例を説明する。今、記憶装置150に記憶されている励振ウェイトの一つの組が{wa, wb, wc, wd, we, wf, wg, wh}であるとする。この励振ウェイトの組をアンテナ素子101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108にそれぞれ設定することにより、ある形状の指向性ビーム（最大放射方向を $\phi a$ 方向とする）が形成される。前述したように、励振ウェイトの組の順番を変えずに、異なるアンテナ素子へ順次設定していくことにより、放射方向が図25の矢印 $\phi$ の方向に45°単位で異なる8種類の指向性ビームを形成できる。

【0077】制御装置140による他の制御方法として、図26に示すように上記指向性ビームを時間軸上で順次変化させてもよい。すなわち、ある時刻 $t_1$ においてはアンテナ素子101~108に励振ウェイトの組{wa, wb, wc, wd, we, wf, wg, wh}を設定することにより、 $\phi a$ の方向が最大放射方向となる指向性ビームを形成し、時刻 $t_2$ においては励振ウェイトの組を{wh, wa, wb, wc, wd, we, wf, wg}のように一つずつずらして順次設定することにより、矢印 $\phi$ の方向に45°シフトした指向性ビームを形成する。このような操作を順次時刻 $t_3 \sim t_8$ について行うことにより、指向性ビームの形状を一定に維持したまま、水平面(X-Y面)内で45°単位で偏向させていわゆるビーム操作を実現することができる。この場合、アンテナ素子数を増やすことにより、このビーム走査の単位角を45°より小さくすることも可能である。

【0078】ここで、例えば図27に示すように、各々のビーム形状に対応する励振ウェイトの組は唯一つであり、記憶装置50に記憶している励振ウェイトの組はビーム形状の種類と同じ数だけである。

【0079】以上の制御方法により、前述した効果に加えて、水平面内の指向性ビームの偏向を簡単な制御で行うことができ、また記憶容量も小さくて済むので、低コストで小型のビーム走査アンテナが実現できる。これはレーダとしての応用に有効であり、また先の実施形態で説明した移動通信用の無線通信システムにおける伝搬環境のモニタなどの用途のための電波を放射させる場合などに有効である。

【0080】（第8の実施形態）図28は、上記の制御を簡易に行う給電系の構成例を示す図であり、第7の実施形態である図23の構成との相違は、制御装置140から励振ウェイトの情報をバッファ171~178に順次転送した後、重み付け器161~168に設定する点にある。

【0081】具体的には、例えば{wa, wb, wc, wd, we, wf, wg, wh}なる励振ウェイトの組

を順次アンテナ素子列101~108に与えてビーム走査を行う場合には、制御装置140から先ず励振ウェイトwhの情報をバッファ171に入力する。バッファ171では、励振ウェイトwhの情報を単位時間 $\Delta t$ の後、移相器161およびバッファ172へ伝達する。このとき、バッファ171には制御装置140から次の励振ウェイトwgの情報が入力される。励振ウェイトの情報について同様な入出力を繰り返すことにより、時間 $7\Delta t$ の後、バッファ171~178には励振ウェイトwa, wb, wc, wd, we, wf, wg, whの情報がそれぞれ入力され、さらに時間 $\Delta t$ 後に、これらの励振ウェイトによりアンテナ素子101~108が励振される。

【0082】このようにして励振ウェイトwa, wb, wc, wd, we, wf, wg, whによりアンテナ素子101~108が励振された後、さらに時間 $\Delta t$ 後にバッファ178内の励振ウェイトの情報をバッファ171へ入力するように動作させることにより、励振ウェイトは順次隣のアンテナ素子へ伝達されることになる。この結果、 $\Delta t$ の時間間隔で指向性ビームの方向が変化し、水平面内でのビーム走査を行うことができる。

【0083】本実施形態の構成によれば、水平面内でのビーム走査を簡易な構成で実現できる。特に、バッファ171~178を設けることにより、励振ウェイトの情報を伝達するための線路数を減らすことができ、給電系が複雑な制御線の無い簡単なものとなる。これはアンテナ全体を小型化・薄型化する上で都合が良く、低コスト化にも有効である。

【0084】以上は送信用の変可指向性アンテナの場合について説明したが、全く同様な構成で受信用の変可指向性アンテナを実現することができる。受信用の場合には、図23の構成において通信信号の方向が逆になり、送信器149が受信器、分配器160が合成器となる。

【0085】（第9の実施形態）本発明の変可指向性アンテナは送受共用アンテナとしても構成することが可能であり、例えば図29のような構成が考えられる。アンテナ素子101~108にはそれぞれ分波器（もしくはスイッチ）180が接続され、これにより送信信号と受信信号が分離される。

【0086】受信時には、アンテナ素子101~108で受信された信号は増幅器（低雑音増幅器）184、フィルタ185および周波数変換器186に順次入力され、さらに重み付け器188により励振ウェイトが設定された後、合成器190により合成され、受信器192へ合成信号が伝達される。送信時には、送信器191から送信信号が分配器189により分配され、各アンテナ素子101~108毎に励振ウェイトが重み付け器187によって設定された後、周波数変換器183、フィルタ182および増幅器（高出力増幅器）181を順次介してアンテナ素子101~108から放射される。

【0087】ここで、フィルタ182、185は干渉波を除去するためのものである。重み付け器187、188は制御装置140により制御され、励振ウェイトの情報は記憶装置150に記憶されている。制御装置140は、送信器191および受信器192とも接続されている。以上のような構成により、前述のような可変指向性ビームの形成やビーム走査を送受で実現することができる。

【0088】(第10の実施形態)本発明の可変指向性アンテナでは、点対称位置にあるアンテナ素子に対応する励振ウェイトを共通にすることもできる。例えば、図22中の点対称位置にあるアンテナ素子の対、すなわちアンテナ素子101と105、アンテナ素子102と106、アンテナ素子103と107、アンテナ104と108に各々同一の励振ウェイトを設定する。この場合、図30に示すような双方向ビームに代表される線対称(図30の例の場合、Y軸対称となる)の指向性ビームパターンを形成できる。

【0089】このような構成は、いわゆるストリートセルのような道路方向や地下街などの通路方向への指向性ビームの形成を行う場合に有効であり、また再送信アンテナなどのように一方向から受信した電波を逆方向へ送信するような用途としても利用価値が高い。

【0090】また、図31に記憶装置150に記憶している励振ウェイト情報の例を示すように、本実施形態によると励振ウェイト数が半減することにより、記憶容量がさらに削減されるという利点もある。

【0091】(第11の実施形態)本発明の可変指向性アンテナのアンテナ素子の形状・配列や素子数は、ここまで示した実施形態の限りではない。例えば、図32に示すようにモノポールアンテナやダイポールアンテナなどの線状アンテナ131~138を同一円周上に等間隔で配列することにより、これまでの実施形態と同等の効果が期待できる。特に、図32の構成は携帯電話などのように直線偏波(垂直偏波)でアンテナを動作させる場合に有効である。

【0092】(第12の実施形態)また、図33に示すように円盤状の基板193上でアンテナ素子194を同一円周上に配列しても、これまでの実施形態と同等の効果が期待できる。図33の構成によると、アンテナを平面状に薄型に構成できるので、屋内通信用としてアンテナを壁や天井等に設置する場合に美観等の点で都合がよい。また、同様な理由により自動車などの移動体に搭載するアンテナとしても効果がある。

【0093】その他の実施形態として、アンテナ素子を円周上に配列する代わりに、多角形の角柱の表面に配列してもよい。この場合、アンテナ素子は多角形の辺上に配置されることになるが、効果は同様である。また、この場合にはアンテナ素子の周辺は平面で構成されるので、誘電体基板上にストリップ導体を形成して構成され

るマイクロストリップアンテナのような製造の容易な平面アンテナを用いて可変指向性アンテナを構成することができ、低コスト化に有利である。

【0094】さらに、アンテナ素子を球面などの曲面上に構成し、同一平面内にあるアンテナ素子を同一円周上に等間隔で配列した場合にも、同様な効果が期待できる。この場合には、水平面以外に垂直面内におけるビーム形成が可能になるため、より柔軟なビーム形成が可能になり、適用できる通信システムの運用範囲やサービスエリアの拡大に有効である。

【0095】(第13の実施形態)これまでの可変指向性アンテナの実施形態では、重み付けをアナログ的に行う場合について説明したが、例えば各アンテナ素子毎の送受の信号をベースバンドにおいてデジタル信号処理を行うことで重み付けを行ってよい。

【0096】図34は、このような実施形態に係る可変指向性アンテナの給電系の構成を示す図であり、アンテナ素子101~108の送受信号は分波器180により分岐され、受信信号は低雑音増幅器(もしくは低雑音増幅器を含むマトリクス回路)195および周波数変換器198を順次介して、信号処理装置199に入力される。送信信号は信号処理回路199から出力され、周波数変換器197および高出力増幅器(もしくは高出力増幅器を含むマトリクス回路)196を順次介してアンテナ素子101~108に伝達される。信号処理装置199では、送受信号をベースバンドで処理し、記憶装置150からの励振ウェイトの情報を読み出してアンテナ素子101~108に対応する値を設定する処理を行う。以上のような構成により、デジタル的に励振ウェイトの設定を行うことができ、給電系の簡単化・小型化に有効である。

【0097】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば無線基地局から該無線基地局の通信サービスエリア内全方向にパイロット信号を送信し、無線端末ではパイロット信号の受信特性を測定して受信特性データを無線基地局に送信し、無線基地局では受信特性データに基づいてアンテナ指向性を制御することにより、基地局のアンテナ指向性を簡単な制御により所望の無線端末の方向を確実に向くように制御することが可能である。すなわち、本発明において無線基地局から送信されるパイロット信号を無線端末が受信して得られる受信特性データは、無線基地局の可変指向性アンテナがその無線端末の方向に形成すべき指向性パターンに対応しているため、この受信特性データを用いることにより、確実にその無線端末を向くように可変指向性アンテナの指向性を制御することができる。

【0098】従って、セクタアンテナによるセル化を行った場合に比較して空間利用の効果が十分に得られ、かつ無線基地局と所望の無線端末との間の通信と、同一通

信サービスエリア内の他の無線端末間の通信や近接した無線基地局と無線端末との間で行われる通信との相互干渉が軽減され、通信品質が向上し、またフルデュプレックス通信に際しても、確実に無線基地局から見た無線端末の存在方向を明確に知ることができ、通信しようとする無線端末に確実に向くように指向性を制御することが可能である。

【0099】さらに、アダプティブアレイアンテナを用いた場合においても、無線端末から無線基地局に返信される受信特性データがその無線端末の方向に形成すべき指向性ビームに対応していることにより、その指向性ビームが得られるように簡単な制御で指向性を制御することができる。

【0100】本発明の可変指向性アンテナによれば、事前にアンテナの動作状況に応じた複数の励振ウェイトを用意してその情報を記憶しておき、それを読み出して設定するだけの簡単な手順により所望の指向性ビームパターンを形成でき、指向性をを要求に応じて迅速に変化させることができる。従って、今後の大容量・高速の通信に対する利用価値が高い。

【0101】また、同一特性の複数のアンテナ素子を同一円周上に配列した上で、同一の励振ウェイトの組を方向の違う同一形状のビームパターンの形成に対して共通に利用することによって、励振ウェイトの情報を記憶する記憶装置の容量を小さくでき、記憶装置の小型化と有効利用を図ることが可能となるとともに、指向性ビームの方向を時間的に順次ずらせてビーム走査を行うことも可能となる。

【0102】励振ウェイトの情報を隣接する複数のアンテナ素子に対応する複数の励振ウェイト付与手段に順次伝達させつつ設定することにより、励振ウェイトの情報を伝達するための線路数が減少し、給電系の構成が簡単となるためにアンテナの小型化・薄型化および低コスト化が可能となると共に、ビーム走査をより簡単な構成によって実現することができる。

【0103】さらに、点対称の位置にある二つのアンテナ素子に対して同一の励振ウェイトを設定することにより、双方向ビームのような線対称の指向性ビームパターンの形成が可能となり、ストリートセルのような道路方向や地下街などの通路方向への指向性ビームの形成を行う場合や、再送信アンテナなどの用途に有用となると共に、必要な励振ウェイトの情報が半減され、記憶容量をさらに削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施形態に係る無線通信システムの概略構成を示す図

【図2】 第1の実施形態における無線基地局の通信サービスエリアと狭指向性ビームの形状を示す図

【図3】 第1の実施形態における無線基地局のアンテナ指向性制御に係る無線基地局側および無線端末側の制

御手順を示すフローチャート

【図4】 第1の実施形態におけるアンテナ指向性制御時のアンテナ指向性パターンを示す図

【図5】 第1の実施形態におけるアンテナ指向性制御時の無線基地局および無線端末の送信タイムテーブルを示す図

【図6】 第1の実施形態におけるアンテナ指向性制御のためのパイロット信号の送信タイミングおよびパイロット信号の受信特性を示す図

【図7】 第1の実施形態における無線基地局と無線端末間の信号のやり取りを示す図

【図8】 第1の実施形態における無線基地局の構成例を示すブロック図

【図9】 第2の実施形態におけるアンテナ指向性制御のためのパイロット信号の送信タイミングおよびパイロット信号の受信特性を示す図

【図10】 第2の実施形態における無線基地局からの等価的な電波放射方向を説明するための図

【図11】 第2の実施形態における無線基地局のアンテナ指向性パターンを示す図

【図12】 第3の実施形態における無線基地局のアンテナ指向性制御に係る無線基地局側および無線端末側の制御手順を示すフローチャート

【図13】 第3の実施形態におけるアンテナ指向性制御のためのパイロット信号の送信タイミングとパイロット信号の受信特性およびアンテナ指向性パターンを示す図

【図14】 第4の実施形態におけるアンテナ指向性制御のためのパイロット信号の説明図

【図15】 第4の実施形態におけるパイロット信号の受信タイミングおよび受信特性を示す図

【図16】 第5の実施形態におけるアンテナ指向性制御のためのパイロット信号の説明図

【図17】 第5の実施形態におけるパイロット信号の受信タイミングおよび受信特性を示す図

【図18】 第5の実施形態における無線端末内のアンテナ指向性制御に係る部分の構成を示すブロック図

【図19】 第6の実施形態における無線基地局のアンテナ指向性制御に係る無線基地局側および無線端末側の制御手順を示すフローチャート

【図20】 第6の実施形態におけるアンテナ指向性制御時のアンテナ指向性パターンを示す図

【図21】 第6の実施形態におけるアンテナ指向性制御時の無線基地局および無線端末の送信タイムテーブルを示す図

【図22】 第7の実施形態に係る可変指向性アンテナの外観図

【図23】 第7の実施形態に係る可変指向性アンテナの給電系の構成図

【図24】 第7の実施形態に係る可変指向性アンテナ

が形成する指向性ビームパターンを示す図

【図25】 第7の実施形態に係る可変指向性アンテナが形成する指向性ビームパターンを示す図

【図26】 第7の実施形態に係る可変指向性アンテナの励振ウェイト設定の制御例を示す図

【図27】 第7の実施形態に係る可変指向性アンテナの記憶装置に記憶される励振ウェイトを示す図

【図28】 第8の実施形態に係る可変指向性アンテナの給電系の構成図

【図29】 第9の実施形態に係る可変指向性アンテナの給電系の構成図

【図30】 第10の実施形態に係る可変指向性アンテナが形成する指向性ビームパターンを示す図

【図3-1】 第10の実施形態に係る可変指向性アンテナの記憶装置に記憶される励振ウェイトを示す図

【図3-2】 第11の実施形態に係る変指向性アンテナの外観図

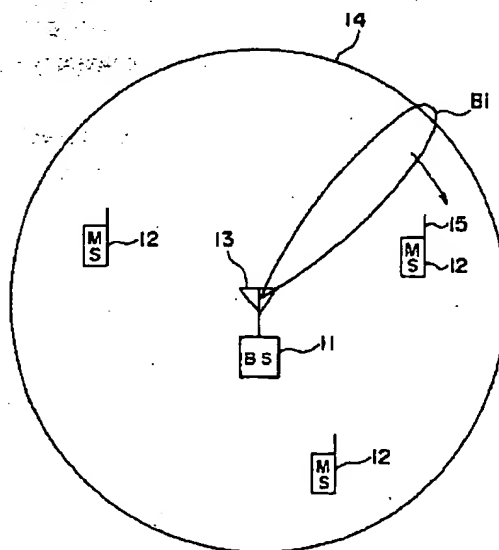
【図3-3】 第1-2の実施形態に係る可変指向性アンテナの上面図

【図3-4】 第1-3の実施形態に係る可変指向性アンテナの給電系の構成図

【符号の説明】

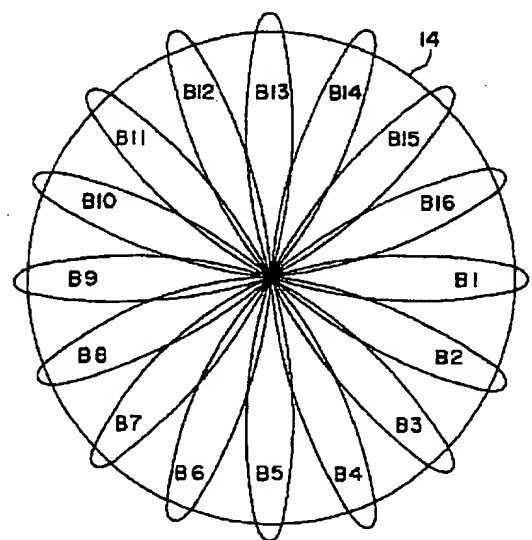
- 11…無線基地局
- 12…無線端末
- 13…可変指向性アンテナ
- 14…通信サービスエリア
- 15…無指向性アンテナ
- 16…無指向性アンテナ
- 17…基地局受信回路
- 18…アンテナ指向性制御部

【図1】

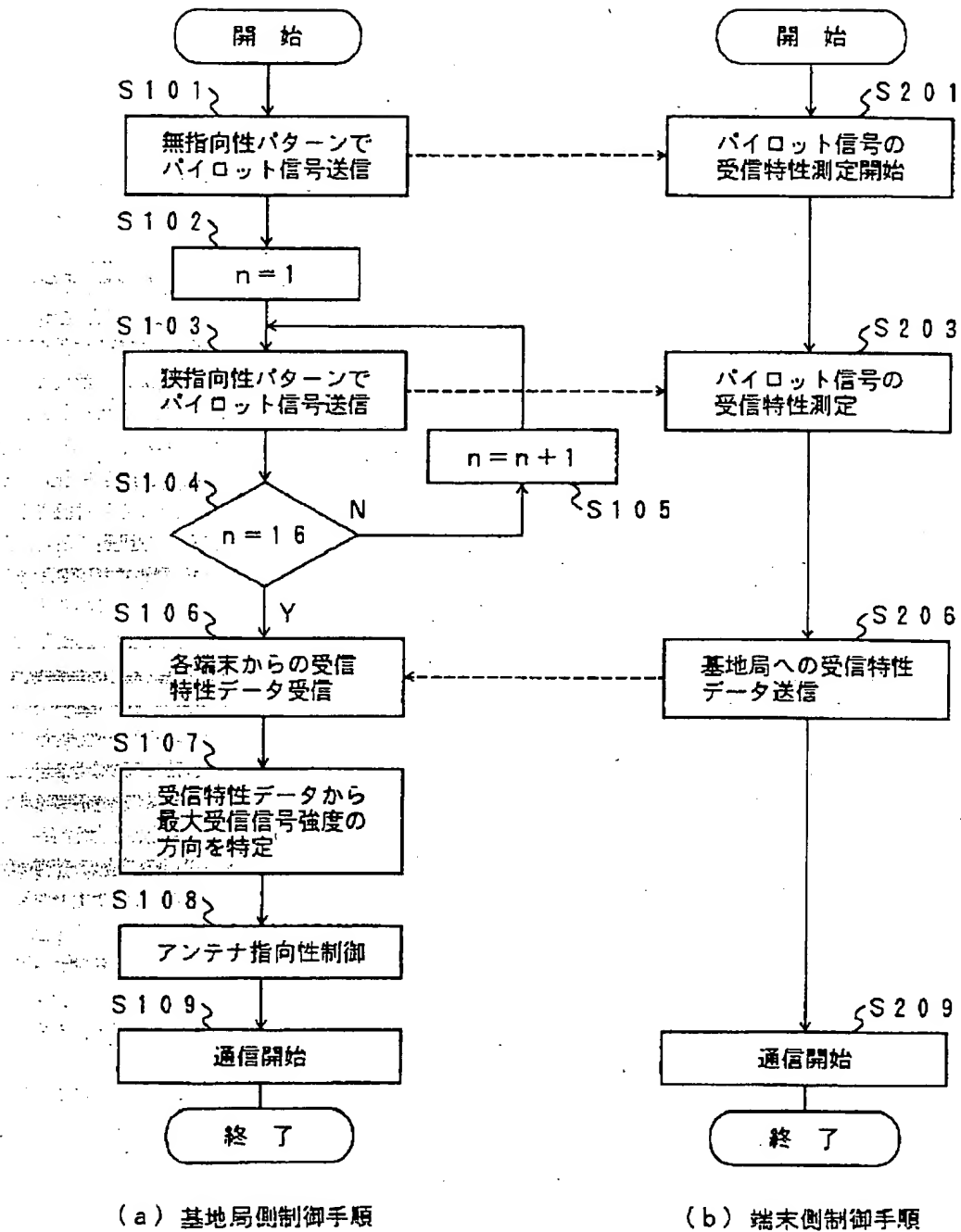


- 19…基地局送信回路
- 20…制御部
- 30…等価的な電波放射方向
- 41-1~41-16…マッチドフィルタ
- 42…切り替えスイッチ
- 100…アンテナ筐体
- 101~108, 111, 131~138, 194…アンテナ素子
- 112…移相器
- 113…可変減衰器
- 114…給電回路
- 115, 193…基板
- 118…入力装置
- 119…出力装置
- 141~148…増幅器
- 151~158, 183, 186, 197, 198…周波数変換器
- 161~168, 187, 188…重み付け器
- 140…制御装置
- 150…記憶装置
- 160, 189…分配器
- 149, 191…送信器
- 171~178…バッファ
- 180…分波器
- 181, 196…高出力増幅器
- 184, 195…低雑音増幅器
- 182, 185…フィルタ
- 190…合成器
- 192…受信器
- 199…信号処理装置

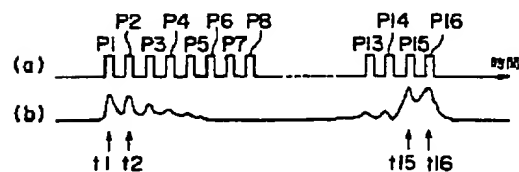
【図2】



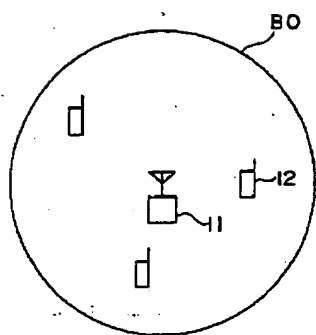
【図3】



【図9】

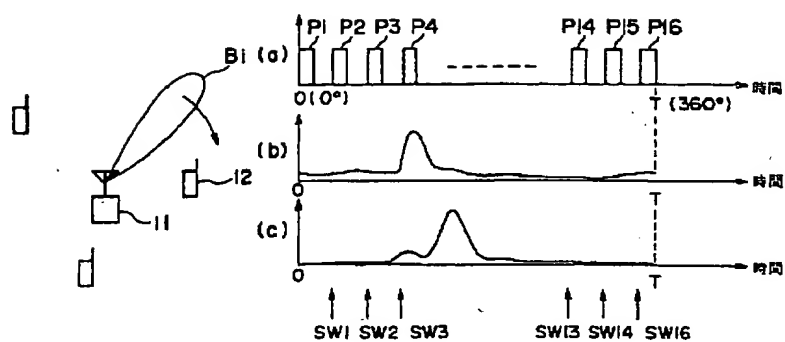


【図4】



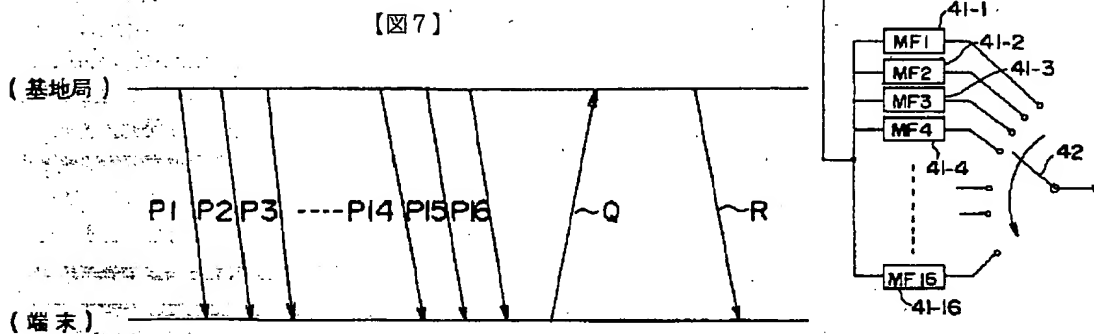
(a)

【図6】



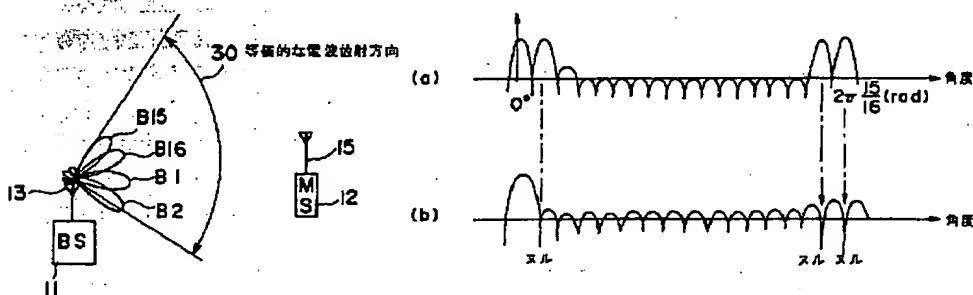
(b)

【図18】



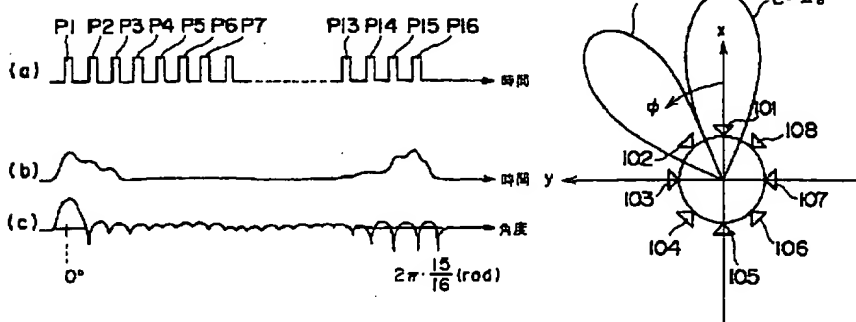
【図10】

【図11】

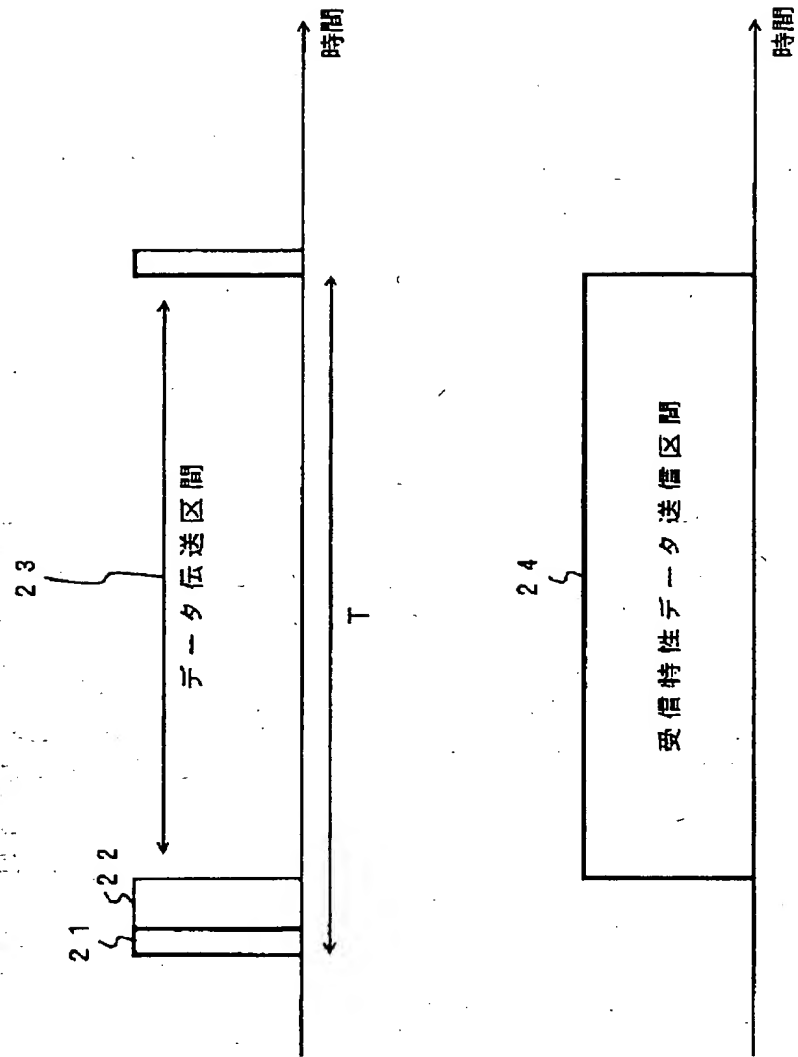


【図13】

【図25】



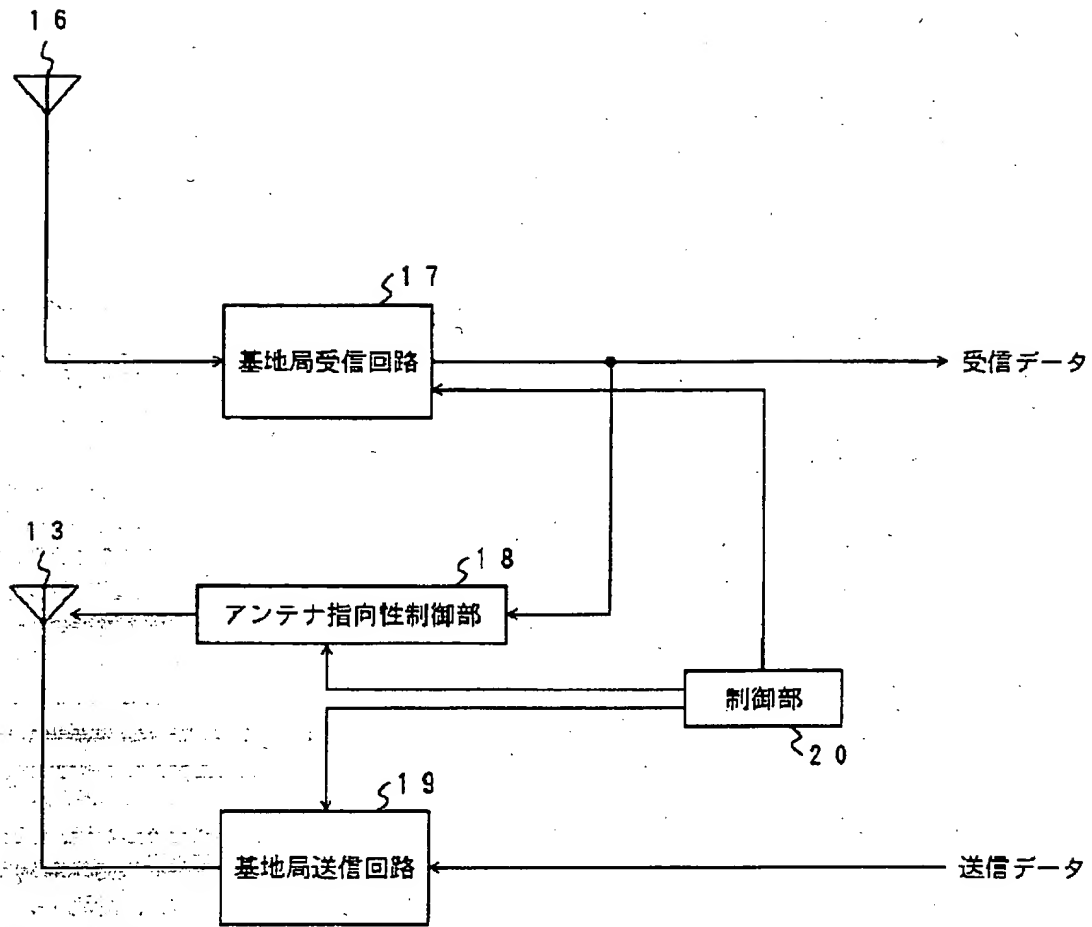
【図5】



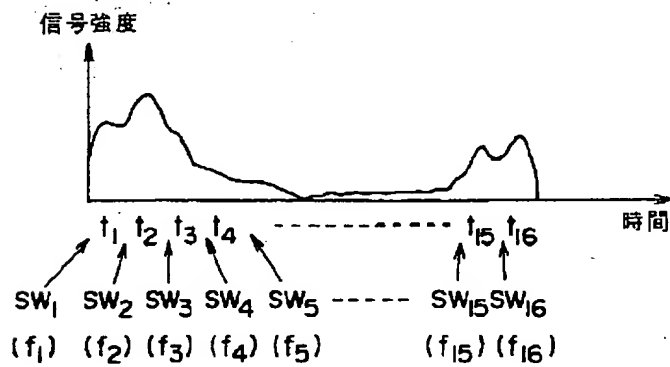
(a) 基地局送信タイムテーブル

(b) 端末送信タイムテーブル

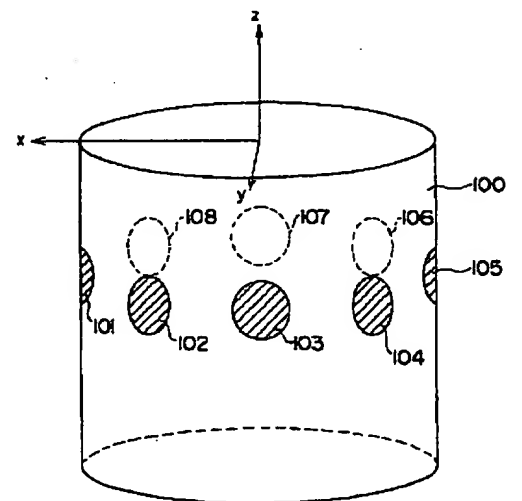
【図8】



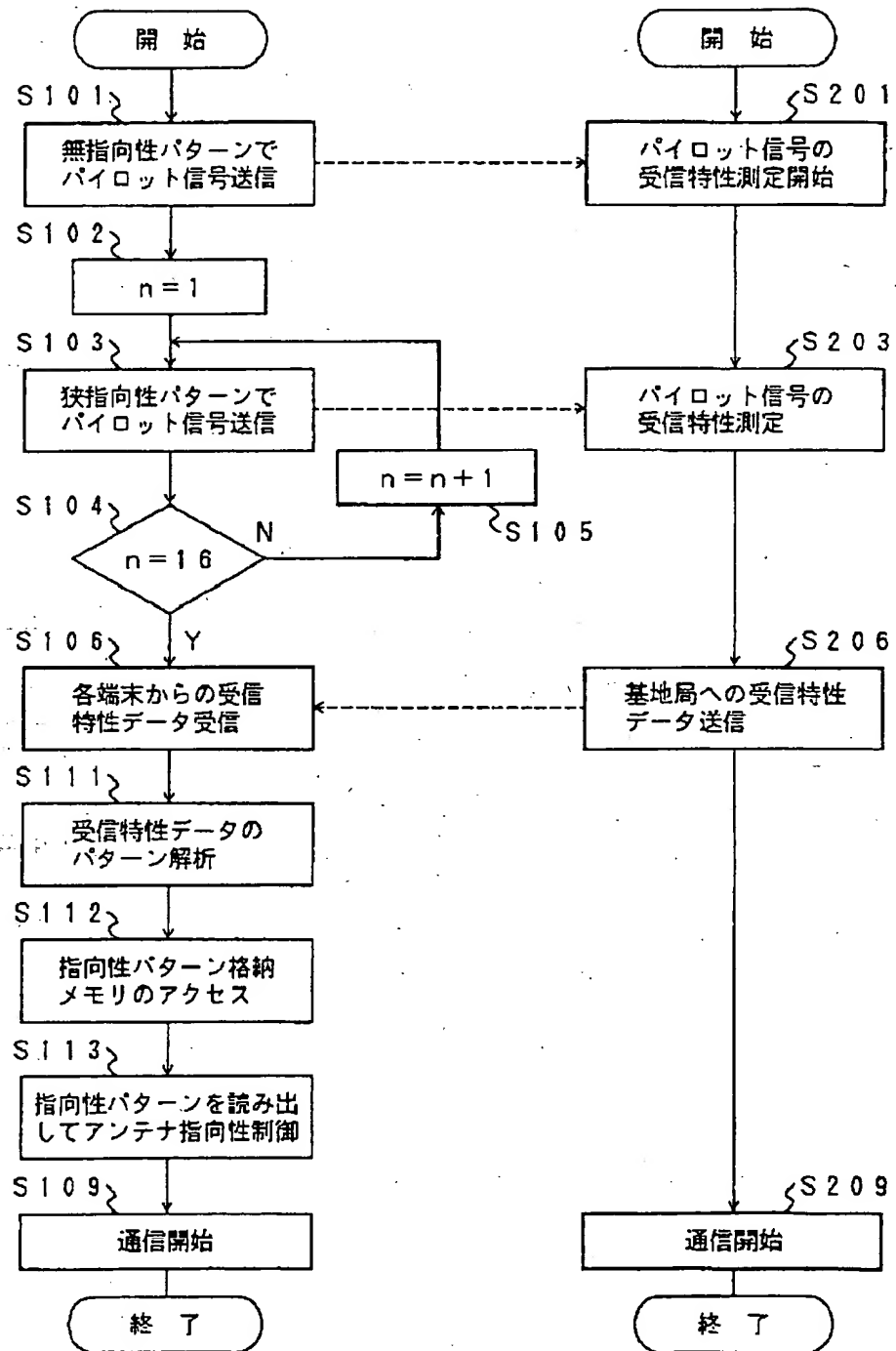
【図15】



【図22】



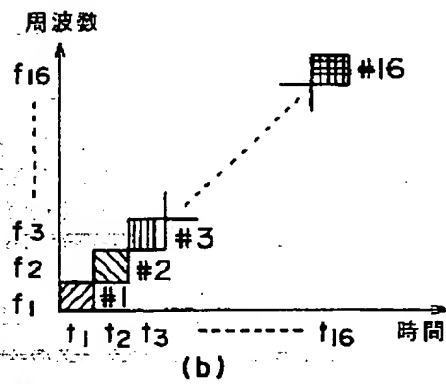
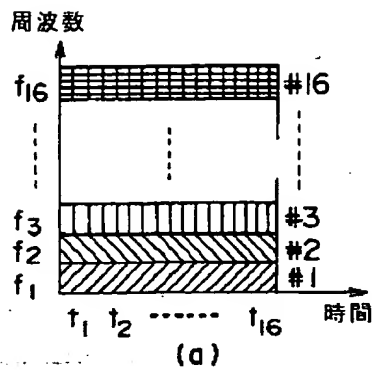
【図12】



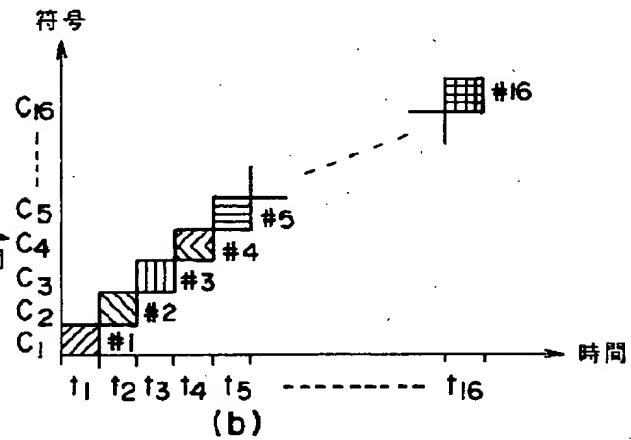
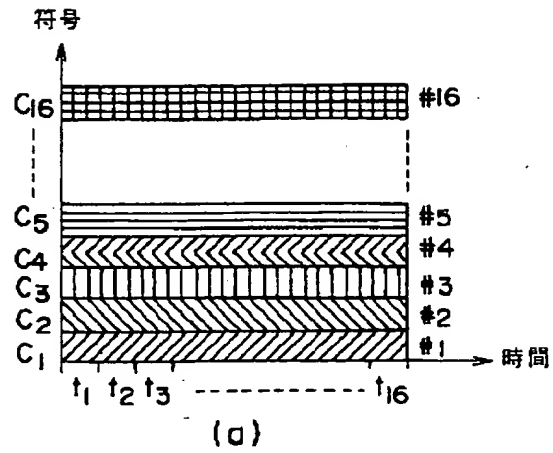
(a) 基地局側制御手順

(b) 端末側制御手順

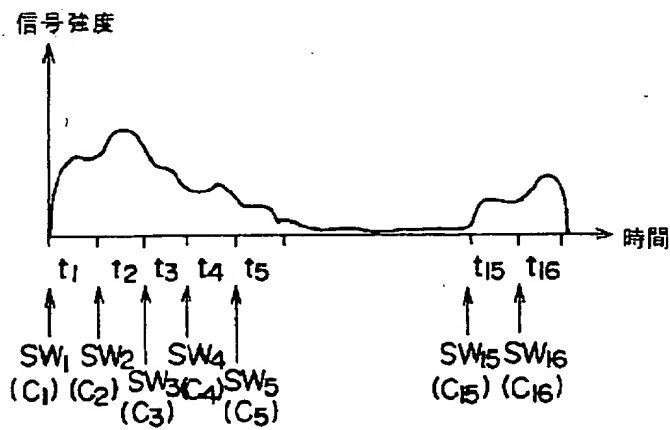
【図14】



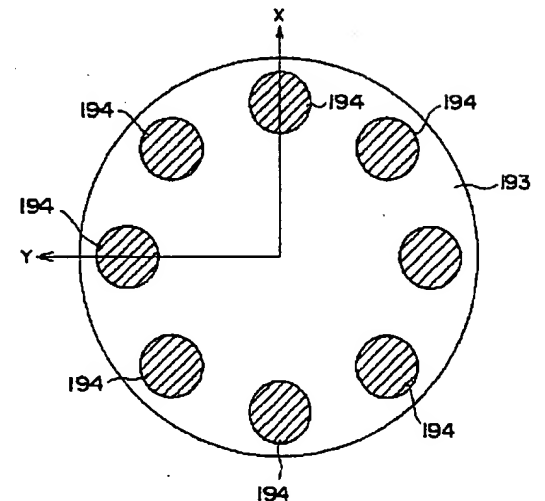
【図16】



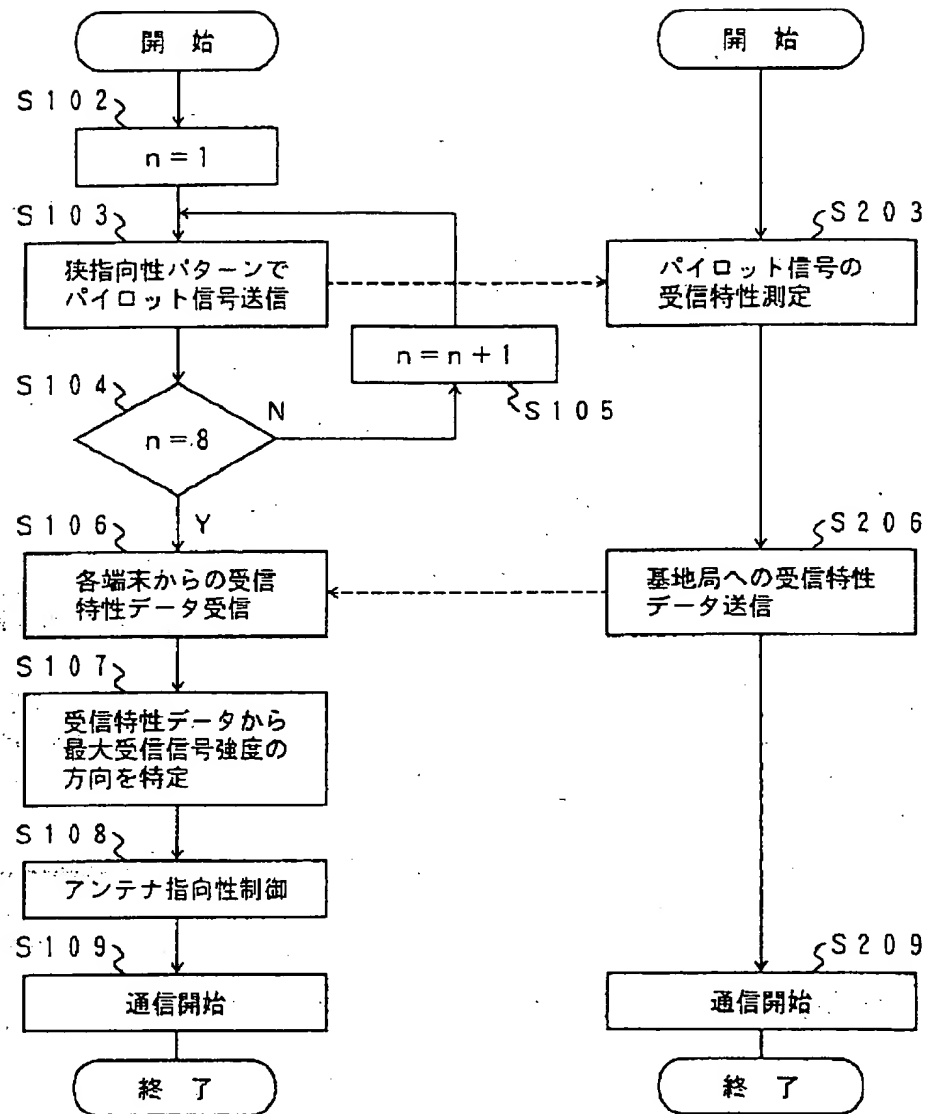
【図17】



【図33】



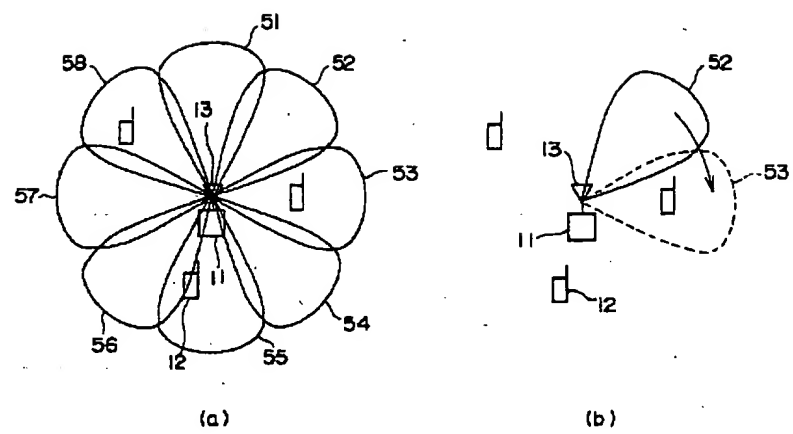
【図19】



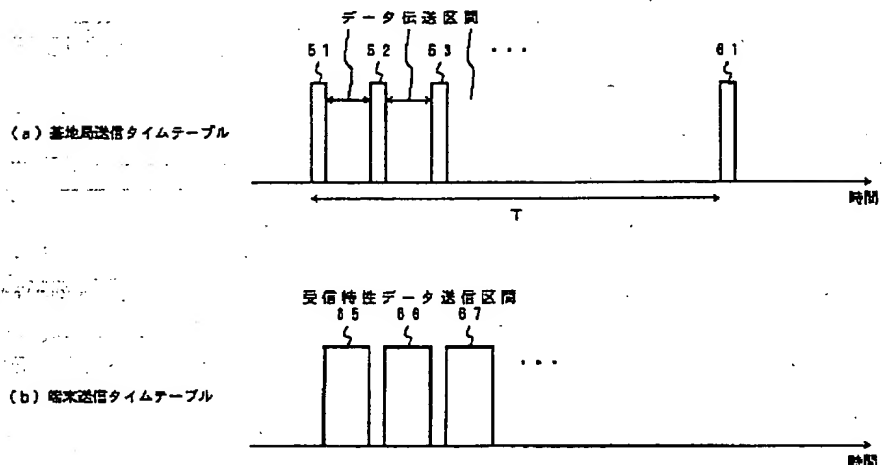
(a) 基地局側制御手順

(b) 端末側制御手順

【図20】



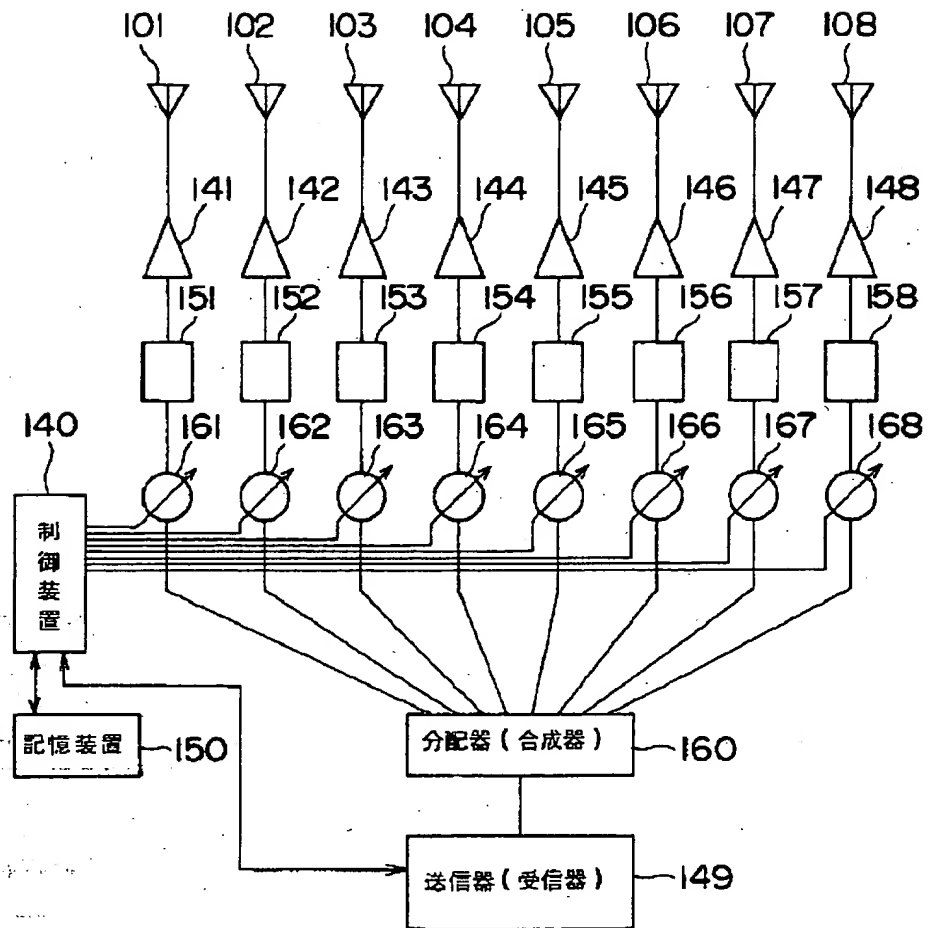
【図21】



【図27】

	ウェイト番号							
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>
ビームW用ウェイト	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>
ビームV用ウェイト	v <sub>a</sub>	v <sub>b</sub>	v <sub>c</sub>	v <sub>d</sub>	v <sub>e</sub>	v <sub>f</sub>	v <sub>g</sub>	v <sub>h</sub>
...								

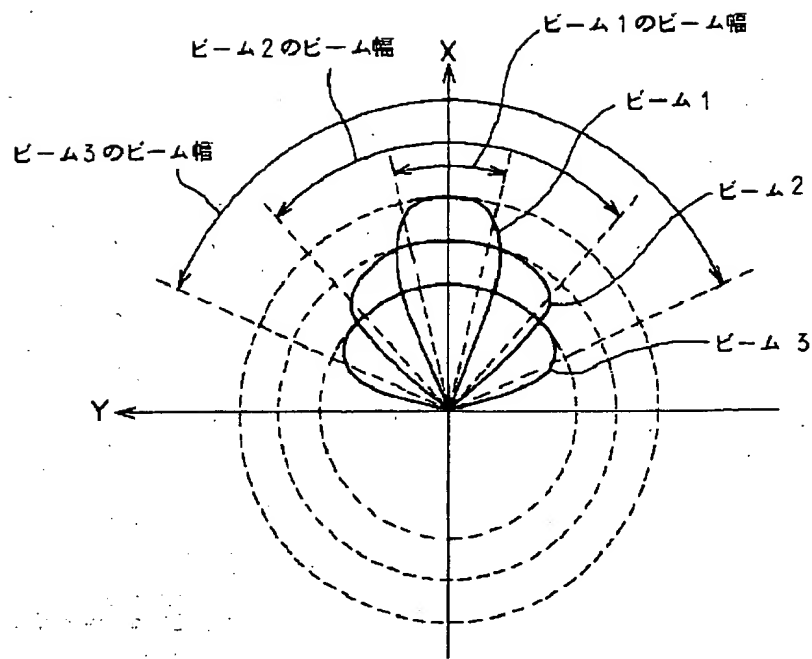
【図23】



【図31】

	ウェイト番号			
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
ビームP用ウェイト	$p_a$	$p_b$	$p_c$	$p_d$
ビームQ用ウェイト	$q_a$	$q_b$	$q_c$	$q_d$
⋮				

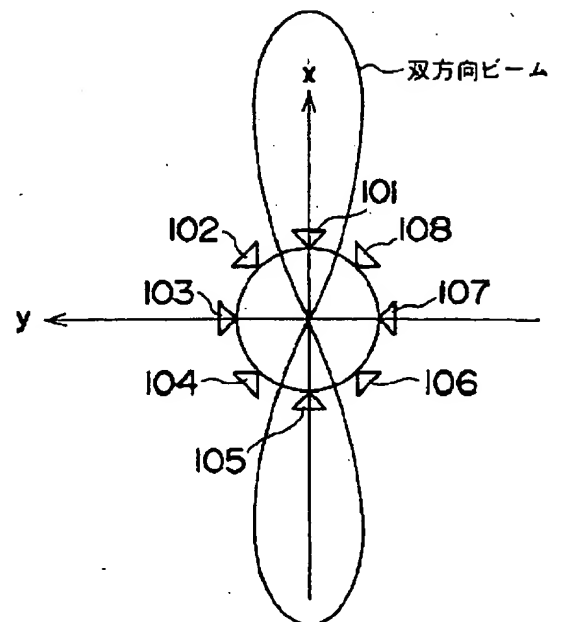
【図24】



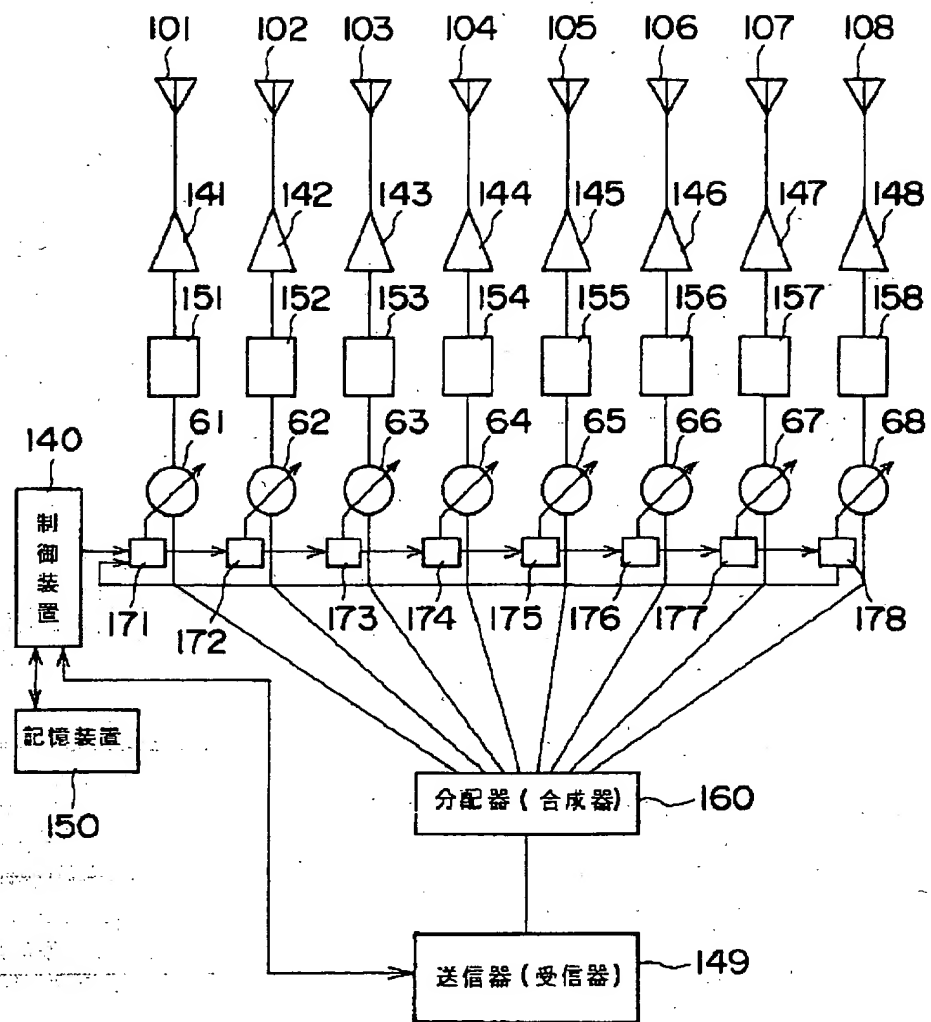
【図26】

	アンテナ素子							
	1	2	3	4	5	6	7	8
t <sub>1</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>
t <sub>2</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>
t <sub>3</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>
t <sub>4</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>
t <sub>5</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>
t <sub>6</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>
t <sub>7</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>	w <sub>b</sub>
t <sub>8</sub>	w <sub>b</sub>	w <sub>c</sub>	w <sub>d</sub>	w <sub>e</sub>	w <sub>f</sub>	w <sub>g</sub>	w <sub>h</sub>	w <sub>a</sub>

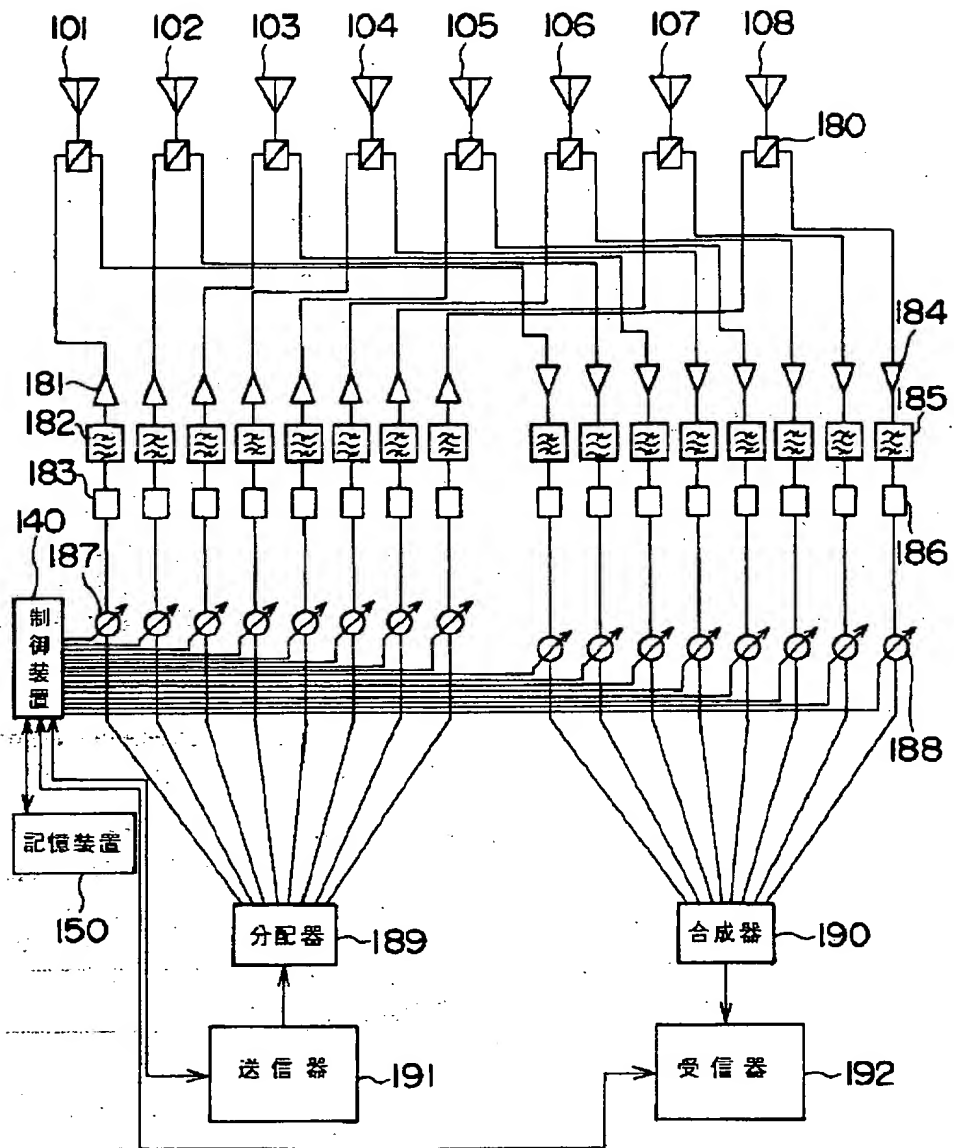
【図30】



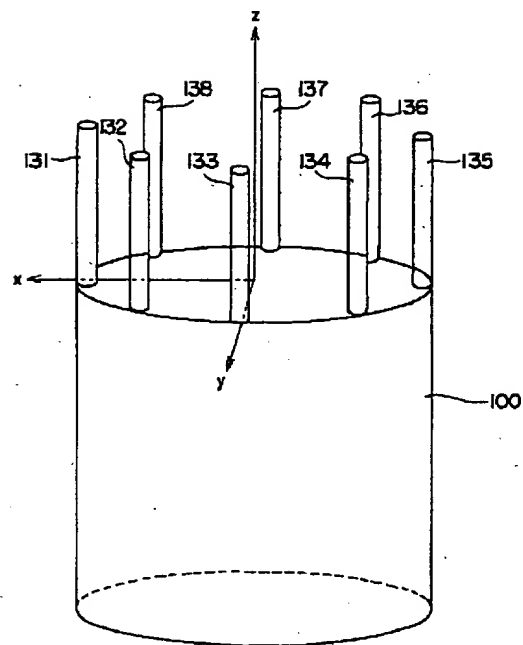
【図28】



【図29】



【図32】



【図34】

